

UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

PERFORMANCE INSTRUMENTAL DE ELEMENTOS MUSICAIS E SONOROS DISCRETOS E NÃO-DISCRETOS ATRAVÉS DE UMA SUPERFÍCIE TÁCTIL VISUALMENTE CONFIGURÁVEL

Tese apresentada à Universidade Católica Portuguesa

para obtenção do grau de Doutor em Ciência e Tecnologia das Artes – Informática Musical

por

Paulo Belchior dos Santos Dias

ESCOLA DAS ARTES

Maio 2019



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

PERFORMANCE INSTRUMENTAL DE ELEMENTOS MUSICAIS E SONOROS DISCRETOS E NÃO-DISCRETOS ATRAVÉS DE UMA SUPERFÍCIE TÁCTIL VISUALMENTE CONFIGURÁVEL

Tese apresentada à Universidade Católica Portuguesa

para obtenção do grau de Doutor em Ciência e Tecnologia das Artes – Informática Musical

Por Paulo Belchior dos Santos Dias

Sob orientação de Prof. Doutor Luís Gustavo Pereira Marques Martins

ESCOLA DAS ARTES

Maio 2019



Com o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através da Bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/74688/2010.

RESUMO

A evolução tecnológica tornou ubíqua a presença de imagem luz em grande parte dos dispositivos electrónicos (nomeadamente *tablets* e *smartphones*). Esta imagem, emitida por ecrãs, é eminentemente mutável, tendo a potencialidade de assumir diversas disposições visuais de carácter instrumental. O problema surge das limitações tácteis inerentes a uma interacção instrumental directa nesses dispositivos, nomeadamente ao nível de intensidade de ataque e manipulação contínua do som.

A presente investigação propõe a conciliação da imagem luz e do tacto através de duas soluções de *hardware*: a primeira, denominada por *protótipo hectográfico,* junta uma superfície táctil transparente com capacidade de aquisição de pressão dos eixos XYZ a um ecrã convencional; a segunda, denominada *protótipo tablet*, junta uma célula de carga para aquisição da pressão do eixo Z a um ecrã com capacidade de rastreamento dos eixos XY.

Em termos visuais, esta investigação centra-se, por delimitação conceptual, no paradigma do teclado, justificado pela sua grande disseminação entre os sistemas discretos e consequente transposição de técnica instrumental. Nesse sentido são apresentadas duas implementações de *software*: o *Instrumento Base*, destinado aos dois protótipos; o *Continuum Screenboard*, destinado ao *protótipo tablet*. Em termos tácteis, centra-se na aquisição contínua e multidimensional dos eixos XYZ (*cmXYZ*), onde as soluções de *hardware* permitem a execução contínua (não-discreta) de altura, intensidade e timbre.

A flexibilidade da imagem luz proporciona diversas representações discretas da altura do som, nomeadamente diferentes escalas (tonais e microtonais), transposições (por movimento de grau e por reajuste de grau), temperamentos e referenciações (alfanuméricas, cores e guias).

Os resultados sonoros obtidos conciliam diferentes configurações discretas e contínuas de altura, intensidade e timbre que variam entre a discrição e a continuidade total. São apresentados dois tipos de progressão contínua de altura sonora (*glissando* directo e *glissando* projectado) e diversas parametrizações de *vibrato*.

Aproveitando o *protótipo tablet* são apresentados exemplos genéricos de interacção *cmXYZ* a nível audiovisual, assim como são apontados caminhos para o desenvolvimento de *software* e *hardware*.

Esta investigação apresenta uma visão particular no universo instrumental, suscitando uma reflexão do próprio conceito de instrumentalidade, discrição e continuidade instrumental, representação do teclado e levantamento do *corpus* instrumental associado.

Palavras chave: instrumento musical, ecrã, tacto, discrição e continuidade, teclado.

ABSTRACT

Technological evolution has made ubiquitous the presence of luminous image in most electronic devices (namely tablets and smartphones). This image, emitted by screens, is eminently changeable and has the potentiality to assume several visual dispositions of instrumental character. The problem arises from the tactile limitations inherent to a direct instrumental interaction in these devices, namely with the attack intensity and the continuous manipulation of sound.

This research proposes the conciliation of luminous image and tactile pressure using two hardware solutions: the first, called *hectographic prototype,* joins a transparent tactile surface with pressure acquisition capacity of the XYZ axes to a conventional screen; the second, called *tablet prototype,* joins a load cell for pressure acquisition of the Z axis to a screen with tracking capacity of the XY axes.

The visual scope of this research is focused, by conceptual delimitation, on the paradigm of the keyboard, justified by its large dissemination among the discrete systems and consequent transposition of the instrumental technique. In this sense, two software implementations are presented: the *Base Instrument*, for both prototypes, and the *Continuum Screenboard*, intended for the *tablet prototype*. The tactile scope is focused on the continuous and multidimensional acquisition of the XYZ (*cmXYZ*) axes, where the hardware solutions allow the continuous (non-discrete) performance of pitch, dynamics and timbre.

The flexibility of the luminous image provides several discrete representations of the pitch, namely different scales (tonal and microtonal), transpositions (by movement degree and by readjustment degree), temperaments and visual referrals (alphanumeric, colours and guides).

The resulting sounds achieved combine different continuous as well as discrete configurations of pitch, dynamics and timbre ranging from discretion to total continuity. Two types of continuous progression of the pitch (direct *glissando* and projected *glissando*) are presented, as well as several parameterizations of *vibrato*.

Starting from the tablet prototype, generic examples of *cmXYZ* audio-visual interaction are presented, together with paths for software and hardware development.

This research presents a particular view of the instrumental universe, prompting a reflection on the very concept of instrumentality, instrumental discretion and continuity, representation of the keyboard and collection of the associated instrumental corpus.

Keywords: musical instrument, screen, haptics, discrete and continuous, keyboard.

À Ita, minha mulher.

À Mini, Panda, Gaspar, Dora e Robusto.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, um agradecimento especial ao meu orientador, o Prof. Luís Gustavo Martins, pelas suas qualidades humanas e científicas. Para memória futura ficará a sua imediata adesão à temática investigada e o levantamento de questões essenciais para a prossecução da mesma.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo apoio financeiro prestado através da Bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/74688/2010.

À Prof.ª Helena Carvalhão pela recuperação e partilha de uma antiga receita de gelatina hectográfica.

À Prof.ª Doutora Maria Isabel Guerreiro da Costa Ismael pelo seu apoio e acompanhamento no laboratório de química.

Ao Prof. Doutor Abílio Manuel Pereira da Silva pela inspecção da gelatina hectográfica e pelo encaminhamento dado ao assunto.

Ao Prof. Doutor António Eduardo Vitória do Espírito Santo pela orientação de testes complementares de resistência eléctrica, nomeadamente no teste de fonte de corrente *Howlland*.

Ao Eng.º Jorge Pereira pela ajuda e aconselhamento de material electrónico.

À *Engsolution* pela disponibilização e aconselhamento de material electrónico.

À *Egitania Musical* pelas amostras de diversos tipos de encordoamento.

À D. Elisabete Carreira pela sua hospitalidade na sua sossegada casa em Aldeias de Armamar, onde uma parte importante deste trabalho foi realizado.

À Prof.ª Doutora Rita Salvado pelo incentivo e revisão de textos.

À Prof.ª Doutora Sandra Bento pelo esclarecimento de dúvidas de formatação matemática.

Aos meus irmãos Manuel e Nuno pelos seus incentivos e lucidez.

Ao João Milheiro pela sua disponibilidade na execução de trabalhos no *FabLab*.

Ao *Fab Lab Aldeias do Xisto,* no Fundão, pelo esmero e enorme quantidade de trabalho realizado.

Ao carpinteiro Rui Nascimento pela disponibilização da sua oficina para trabalhos de prototipagem.

Ao Gustavo Almeida pela sua hospitalidade e acolhimento na cidade de Matosinhos, essencial durante os períodos lectivos.

Ao Fernando Cabral pela gravação do trabalho feito em vídeos de alta resolução.

E por fim – e com destaque – aos meus pais Etelvina e António, por todo o apoio material e imaterial dado ao longo da investigação.

ÍNDICE

RESUMO ..... **I**
ABSTRACT ..... **III**
AGRADECIMENTOS ..... **VII**
ÍNDICE ..... **VIII**
LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS ..... **XIII**
LISTA DE FIGURAS ..... **XV**
LISTA DE VÍDEOS ANEXOS ..... **XXV**
LISTA DE QUADROS ..... **XXVII**
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO **1**
1.1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO 3
1.2. CONCEITO INSTRUMENTAL 7
1.2.1. Limites da imaginação *7*
1.2.2. Aquilo que se encontra separado *10*
1.2.3. Antevisão instrumental *14*
1.2.4. Concretização instrumental *16*
1.3. PRESSUPOSTOS DA TESE 19
1.3.1. Hipótese de trabalho *19*
1.3.2. Conceito instrumental geral *20*
1.3.3. Conjugação de conceitos *21*
1.3.4. Particularidades conceptuais *23*
1.3.5. Limitações conceptuais *24*
1.3.6. Dúvidas conceptuais *25*
1.4. ESTADO ACTUAL 27
1.5. INSTRUMENTOS INSPIRADORES 28
1.6. OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO 30
1.7. PRINCIPAIS DESAFIOS 31
1.8. CONTEXTUALIZAÇÃO INSTRUMENTAL 31
1.9. ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO RELACIONADAS 32
1.10. APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS 33
1.11. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES 34
1.12. ESTRUTURA DA TESE 35
1.12.1. Hierarquização de capítulos, subcapítulos, secções, subsecções e tópicos *36*
1.12.2. Notas sobre o estilo da tese *36*
CAPÍTULO 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA **39**
2.1. INSTRUMENTO MUSICAL 40
2.1.1. Justificação conceptual *40*
2.1.2. Instrumentofone e musicofone *40*
2.1.3. Definições básicas de instrumento musical *42*
2.1.4. Diferentes entendimentos subjacentes *45*
2.1.5. Instrumentalidade: cinco premissas conceptuais *52*
2.1.6. Input e output instrumental *71*

2.1.7. Conclusão ... *74*
2.2. INSTRUMENTO ACÚSTICO ... 75
2.2.1. Terminologia acústica ... *75*
2.2.2. Definição de instrumento acústico ... *77*
2.2.3. Conceitos acústicos exclusivos ... *77*
2.2.4. Input e output acústico ... *79*
2.2.5. Conclusão ... *100*
2.3. INSTRUMENTO ELECTRÓNICO ... 101
2.3.1. Mudança de paradigma sonoro ... *101*
2.3.2. Electro-complexidade terminológica ... *102*
2.3.3. Definições instrumentais da electrofonia ... *105*
2.3.4. Contextualização do universo NIME ... *109*
2.3.5. A música dos primeiros instrumentos electrónicos ... *111*
2.3.6. Elementos base da electrofonia ... *112*
2.3.7. Conceitos exclusivos dos instrumentos electrónicos ... *115*
2.3.8. Esquematização Input-Output ... *116*
2.3.9. Virtualização instrumental ... *119*
2.3.10. Conclusão ... *128*
2.4. DISCRETO VS. CONTINUUM ... 129
2.4.1. Definição e contextualização geral ... *129*
2.4.2. Utilização musical de unidades discretas e contínuas ... *133*
2.4.3. Graus de discrição-continuidade aplicados a parâmetros sonoros acústicos ... *138*
2.4.4. Graus de discrição-continuidade aplicados a instrumentos acústicos ... *144*
2.4.5. Esquema tripartido versus esquema quadripartido ... *145*
2.4.6. Caracterização dos graus de discrição-continuidade ... *148*
2.4.7. Extrapolação de graus de discrição-continuidade aplicados a instrumentos electrónicos ... *150*
2.4.8. Conclusão ... *152*
CAPÍTULO 3 - ESTADO DA ARTE ... 153
3.1. CORPUS INSTRUMENTAL ... 154
3.1.1. Instrumentos acústicos com capacidade melódica contínua ... *154*
3.1.2. Instrumentos electrónicos históricos ... *164*
3.1.3. Superfícies tangíveis visualmente projectadas e ecrãs ... *169*
3.1.4. Dispositivos planos com expressão 3D ... *185*
3.1.5. Membranas de percussão electrónicas ... *209*
3.1.6. Controladores diversos ... *213*
3.2. TECLADO: UMA TAXINOMIA ... 218
3.2.1. Delimitação do conceito de tecla ... *218*
3.2.2. Padrão ocidental ... *219*
3.2.3. Formas geométricas ... *222*
3.2.4. Disposição visual ... *234*
3.2.5. Recursos complementares de performance ... *242*
3.2.6. Novos paradigmas expressivos ... *245*
3.3. REPRESENTAÇÃO ESCALAR DOS TECLADOS PADRÃO ... 248
3.3.1. Dimensões do teclado padrão ... *249*

3.3.2. Divisão escalar padrão ... 250
CAPÍTULO 4 - PROBLEMÁTICA E METODOLOGIA ... 256
4.1. DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA ... 256
4.2. FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE ... 257
4.3. DELIMITAÇÃO INSTRUMENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO ... 258
4.3.1. Linha de pensamento conceptual ... 258
4.3.2. Compromisso instrumental ... 259
4.3.3. Inovação e tradição ... 259
4.3.4. Limitações físicas ... 261
4.3.5. Tipo de controlo instrumental ... 262
4.4. OPÇÕES CONCEPTUAIS DE IMPLEMENTAÇÃO ... 263
4.4.1. Pressão versus toque ... 263
4.4.2. Tacto versus movimento ... 264
4.4.3. Tacto versus visão computacional ... 265
4.4.4. Representação musical em teclado versus outras representações ... 267
4.5. PRESSUPOSTOS MUSICAIS IMPLÍCITOS ... 268
4.5.1. Pressupostos imprescindíveis ... 268
4.5.2. Pressupostos complementares ... 269
4.6. JUSTIFICAÇÃO PERFORMATIVA ... 270
CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTAÇÃO DE HARDWARE ... 274
5.1. FILOSOFIA DA IMPLEMENTAÇÃO ... 274
5.1.1. Modus operandi ... 274
5.1.2. Princípios práticos ... 276
5.2. SUPERFÍCIE DE CONTACTO ... 277
5.2.1. Gelatina de hectográfica ... 277
5.3. SOLUÇÕES TÉCNICAS DE HARDWARE ... 284
5.3.1. Requisitos de hardware ... 284
5.3.2. Cenários técnicos de aquisição gestual ... 285
5.4. PROTÓTIPOS GELATINOSOS ... 287
5.4.1. Protótipo 1 ... 287
5.4.2. Protótipo 2 ... 288
5.4.3. Protótipo 3 ... 289
5.4.4. Protótipo 4 ... 292
5.5. PROTÓTIPO TABLET-BALANÇA ... 299
5.5.1. Protótipo 5 ... 299
5.5.2. Comparação do protótipo 4 e protótipo 5 ... 302
5.5.3. Conclusão ... 305
CAPÍTULO 6 - IMPLEMENTAÇÃO DE SOFTWARE ... 310
6.1. VISÃO GERAL ... 310
6.2. ESCOLHA DE SOFTWARE ... 312
6.3. ESTUDO DAS DISPOSIÇÕES VISUAIS ... 313
6.3.1. Matriz visual ... 313
6.3.2. Escalas musicais utilizadas ... 315
6.3.3. Disposição visuais básicas ... 319
6.3.4. Divisão vertical da tecla ... 326

6.3.5. Disposição fragmentada ... 327
6.3.6. Inversão de sentido por rotação de matriz ... 330
6.3.7. Escalas ad hoc por rotação de matriz ... 331
6.3.8. Multi-escalas assimétricas ... 335
6.3.9. Desfasamento microtonal ... 338
6.4. IMPLEMENTAÇÃO DO INSTRUMENTO BASE ... 339
6.4.1. Ecrã interno de referência ... 343
6.4.2. Consola de exibição de frequências ... 344
6.4.3. Consola de modulação sonora ... 345
6.4.4. Ecrãs de aquisição gestual ... 346
6.4.5. Mecanismo tablet ... 352
6.4.6. Mecanismo Random ... 353
6.4.7. Consola de controlo visual ... 354
6.4.8. Transposições escalares ... 373
6.4.9. Disposições visuais especiais ... 396
6.4.10. Consola de osciladores ... 400
6.5. CONTINUUM SCREENBOARD ... 404
6.5.1. Consola universal de aquisição de sinal ... 405
6.5.2. Consola específica ... 405
6.5.3. Lógica e funcionalmento ... 406
CAPÍTULO 7 - RESULTADOS E ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO ... 412
7.1. RESULTADOS VISUAIS ... 412
7.1.1. A auto-representação das imagens ... 412
7.1.2. As combinações visuais possíveis ... 413
7.2. RESULTADOS SONOROS ... 415
7.2.1. Alturas contínuas: diversos graus de glissando e vibrato ... 415
7.2.2. Modulação da intensidade ... 434
7.2.3. Modulação do timbre ... 434
7.2.4. Súmula dos resultados sonoros ... 434
7.3. IDIOSSINCRASIAS DO HARDWARE ... 435
7.3.1. Protótipo 4 ... 435
7.3.2. Protótipo 5 ... 436
7.3.3. O futuro imediato do protótipo 4 e do protótipo 5 ... 438
7.4. ESTUDO VISUAL COMPARATIVO ... 439
CAPÍTULO 8 - APLICAÇÕES COMPLEMENTARES ... 441
8.1. LEITOR ÁUDIO ... 442
8.2. IMAGEM FIXA MULTICAMADA ... 446
8.3. PÍXEL TINTA ... 449
8.4. TABLET VJ ... 453
CAPÍTULO 9 - CONCLUSÕES ... 456
9.1. RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES ... 456
9.1.1. Continuidade e discrição ... 456
9.1.2. Aspectos instrumentais ... 458
9.2. VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE DA TESE ... 460
9.3. CONCRETIZAÇÃO DOS OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO ... 464

9.4. CONTRIBUTOS DA INVESTIGAÇÃO 465
9.5. TRABALHO FUTURO 465
9.5.1. Evolução do hardware 466
9.5.2. Evolução do software 467
9.6. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO E AUTOCRÍTICA 469
9.7. BALANÇO FINAL 471
BIBLIOGRAFIA 473
FILMOGRAFIA 489
APÊNDICE A 490
APÊNDICE B 498
APÊNDICE C 514
APÊNDICE D 552
ANEXOS 574

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

2D – *2 Dimensions* / 2 Dimensões

3D – *3 Dimensions* / 3 Dimensões

5D – *5 Dimensions* / 5 Dimensões

A – Aumentado (aplicado a *acordes* e *intervalos*)

ADSR – *Attack-Decay-Sustain-Release (Attack Time, Decay Time, Sustain Level, Release Time)*

ASCII – *American Standard Code for Information Interchange*

BWV – *Bach-Werke-Verzeichnis* (sistema de catalogação da obra de Johann Sebastian Bach)

CD – *Compact Disc*

CHI [HCI] – *Computer-Human Interaction* (Interacção Computador-Humano)

cm – centímetro

*cm*XYZ – (manipulação, interacção) Contínua (temporalmente) e Multidimensional (eixos) XYZ

CNC – *Computer Numerical Control*

CRT – *Cathode Ray Tube* (Tubo de Raios Catódicos)

D – Diminuto (aplicado aos acordes e intervalos musicais)

dB – decibel

DIN – *Deutsches Institut für Normung*

DIY – *Do it Yourself* (Faça você próprio)

DJ – Disc Jockey

DSP – *Digital Signal Processor*

EEG – *Electroencephalogram*

Fab Lab – *Fabrication Laboratory*

FPS – *Frames per Second*

FSR – *Force Sensitive Resistor*

GMIC – *Guthman Musical Instrument Competition*

GPS – *Global Positioning System*

GUI – *Graphical User Interface*

HCI [CHI] – *Human-Computer Interaction* (Interacção Humano-Computador)

HP – *Hewlett-Packard* (marca e empresa multinacional estado-unidense)

Hz – Hertz

IDE – *Integrated Development Environment* (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

IME – Instrumentos Musicais Electrónicos

iOS – Sistema operativo móvel da *Apple*.

kHz – *Kilohertz* (quilo-hertz)

LDR – *Light-Dependent Resistor* (Resistor Dependente de Luz (pt-br) ou Foto-resistência (pt-eu))

LED – *Light-Emiting Diode* [Díodo Emissor de Luz]

LP – *Long Play*

M – Maior (aplicado aos modos, acordes e intervalos musicais)

m – menor (aplicado aos modos, acordes e intervalos musicais)

MDF – *Medium-density fibreboard* (produto derivado da madeira)

MIDI – *Musical Instrument Digital Interface*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

mm – Milímetro

MMS – *Multimedia Messaging Service*

MOCAP – *Motion Capture Technology*

MPE - MIDI Polyphonic Expression

ms – Milissegundo

NAMM – *National Association of Music Merchants*

NIME – *New Interfaces for Music Expression*

OSC – *Open Sound Control*

P – Perfeita(o) (classificação musical aplicável a acordes e intervalos de 4ª, 5ª e oitava)

Px – píxel

RFID – *Radio-Frequency Identification*

SMS – *Short Message System*

SPL – *Sound Pressure Level*

SPR – Sentido do Ponteiros do Relógio

T – Tónica (nota base de uma *escala* ou *acorde*)

TUI – *Tangible User Interfaces*

UI – *User Interface*

USB – *Universal Serial Bus*

V – *Volt*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotogramas do Vídeo Anexo 1, Vídeo Anexo 2 e Vídeo Anexo 3. 4

Figura 2. Impossibilidade de correspondência visual de uma escala com divisão de oitava em 17 partes num teclado de 12 partes: (1) ou se eliminam graus da escala de 17 partes ou (2) perde-se a noção visual de oitava. 6

Figura 3. *Terminator 2*: *robot* transfigurável *T1000*. 7

Figura 4. Junção conceptual do *Seabord* com a plasticidade do *T1000*. 8

Figura 5. Átomos Radicais (*Radical Atoms)*. 9

Figura 6. Exemplos de incorporação de ecrãs no quotidiano. 11

Figura 7. Exemplos de incorporação de ecrã em dispositivos musicais. 11

Figura 8. Exemplos de dispositivos com capacidade de aquisição de pressão. 13

Figura 9. Exemplos de dispositivos musicais com capacidade de aquisição de pressão. 13

Figura 10. Junção conceptual do *Continuum Fingerboard* com flexibilidade visual de ecrã. 14

Figura 11. *Continuum Fingerboard* com (1) referência escalar e (2) sem referência escalar. 14

Figura 12. Conceptualização instrumental do protótipo hectográfico. 17

Figura 13. Protótipo hectográfico em 2015.02.03. 18

Figura 14. Conceptualização instrumental do protótipo tablet. 18

Figura 15. Protótipo tablet em 2017.04.17. 19

Figura 16. Esquema Conceptual da Investigação. 21

Figura 17. Esquema dos eixos X, Y e Z dos controladores com capacidade de expressão 3D 29

Figura 18. Carrilhão de bambu *Kolberg* e carrilhão de conchas *Gon Bops*. 54

Figura 19. (1) Arquitectura musical: órgão em passeio marítimo; (2) escultura musical: árvore musical. 56

Figura 20. (1) Violino miniatura; (2) Maior violino tocável do mundo segundo o *Guiness Book of Records* (em 2010); (3) Violino estátua em Sidney. 56

Figura 21. Diversos tipos de gongos e sinos. 58

Figura 22. Global String. 59

Figura 23. Esquema geral de *input* e *output*. 62

Figura 24. Vários instrumentos musicais associados a diversos objectos: (1) *Gattan* e vasilha; (2) Conjunto de chocalhos e chocalho de vaca; (3) Serrote Musical e serrote; (4) *Cajón* e caixote. 66

Figura 25. Depuração esquemática *In-Out*. 72

Figura 26. Intermediação *In* e *Out*. 72

Figura 27. Depuração esquemática *in-out* dos instrumentos acústicos. 73

Figura 28. Depuração esquemática *in-out* dos instrumentos electrónicos. 74

Figura 29. (1) Órgão electrónico *Allen* e (2) *Canon melódico-harmónico*. 76

Figura 30. Diversos graus de interligação *in-out.* 79

Figura 31. Idiofones sacudidos: (1) Pau-de-chuva; (2) *Egg Shaker*. 80

Figura 32. Exemplos de sistemas ressoadores organicamente destacados: (1) Berimbau (Brasil); (2) *Erhu* (China). 83

Figura 33. Órgão na sala de concertos da Filarmónica de Berlin: (1) Panorâmica da sala; (2) Consola amovível; (3) Panorâmica da sala com consola amovível. Nota: tubos destacados com semicírculos. 84

Figura 34. Espacialização instrumental *in-out*: (1) intersecção total *in-out*; (2) *Out* circunscrito; (3) O*ut* alargado; (4) *Out* alargado no dispositivo e local do dispositivo.. 85

Figura 35. Complexidade mecânica. 88

Figura 36. Esquematização da centralidade de aquisição gestual. 89

Figura 37. Esquematização *in-out* de elementos contínuos, mistos e discretos. 90

Figura 38. (1) Trompa natural (serviço postal); (2) Corneta militar; (3) Olifante; (4) Lur. 92

Figura 39. Diversos exemplos de matracas. 93

Figura 40. Esquematização global de energia gestual, grau de discrição, e centralidade gestual. 98

Figura 41. Hierarquia terminológica. 104

Figura 42. *Shimon*, o tocador de marimba 107

Figura 43. Pormenor de um *Violano Virtuoso* 108

Figura 44. *Acousmonium*, o esplendor acusmático da *electrofonia*. 114

Figura 45. Esquema de instrumento digital (Miranda & Wanderley, 2006, p. 3). 118

Figura 46. Evolução do computador segundo a lei de Bell. 119

Figura 47. Processo de evolução de telemóveis: (1) Protótipo Motorola DynaTAC (1973); (2) Nokia Mobira Senator (1982); Motorola DynaTAC 8000X (1984); IBM Simon Personal Communicator (1994); Apple iPhone "Original" (2007). 120

Figura 48. Esquema conceptual da evolução da evolução do tamanho e proporção corpo/ecrã dos *smartphones*. 121

Figura 49. Ecrã assimétrico do *iPhone X*. 122

Figura 50. Três situações de virtualização: (1) motora-auditiva; (2) cérebro-auditiva; (3) intracerebral. 127

Figura 51. Exemplos de discrição e continuidade. 129

Figura 52. Representação gráfica de uma pista áudio (pista 9) e pista MIDI (pista 10) no *software Nuendo 2*. 133

Figura 53. Esquema tripartido base. 146

Figura 54. Esquema tripartido expandido. 146

Figura 55. Esquema quadripartido base. 146

Figura 56. Esquema quadripartido expandido. 147

Figura 57. Partes mencionadas do violino: (1) arco, (2) braço e (3) cavalete. 156

Figura 58. Partes mencionadas do trombone de varas: (1) Vara; (2) Bocal. 158

Figura 59. Diversos fotogramas de vídeos com performance de serrote musical. 159

Figura 60. Pam Chowhan tocando no *Fuid Piano*. 161

Figura 61. Pormenor do braço da *guitarra microtonal* ajustável. 162

Figura 62. Dois pormenores de *Onde Martenot*: (1) o anel e sistema de modulação de alturas, (2) a consola de modulação de intensidade e escolha de timbre. 167

Figura 63. Electronic Sackbut: (1) Hugh Le Caine o instrumento; (2-3) Exemplar em exposição no Museu de Ciência e Tecnologia da Canadá[/]: (2) visto de cima e (3) visto de frente. 169

Figura 64. Fotogramas[/] de demonstrações da aplicação *Magic Fiddle*. 179

Figura 65: *Lemur* como aplicação integrada em dispositivo dedicado e versão para dispositivo genérico. 182

Figura 66. Várias versões da *Reactable*: (1) *Live! S6,* (2) *Mobile*[/] e (3) ROTOR. 184

Figura 67. Diferentes tamanhos do *Continuum Fingerboard*: (1) tamanho inteiro (93 segmentos visuais); (2) meio tamanho (47 segmentos visuais). 188

Figura 68. Pormenores do *Seabord*: (1) antevisão publicada na conferência NIME 2009; (2) versão comercial com as suas teclas maleáveis. 189

Figura 69. *Seabord GRAND*: modelos de 88, 61 e 37 teclas. 189

Figura 70. Seaboard RISE 49 e RISE 25. 190

Figura 71. *Seabord* NOISE: (1) *iPhone*; (2) *iPhone* em conjugação com *Seabord* RISE; (3) *iPad* apenas com teclado; (4) *iPad* com visualização de parâmetros; (5) *iPad* com visualização de superfície de modulação. 191

Figura 72. *LinnStrument:* versão original e variante *LinnStrument 128.* 192

Figura 73. Grelha da notas musicais. 193

Figura 74. Protótipo de *LinnStrument* com quatro disposições visuais: (1) grelha de guitarra; (2) grelha hexagonal; (3) blocos de percussão; (4) duplo teclado padrão. 194

Figura 75. *Sound Plane*. 195

Figura 76. *Touchkeys* 196

Figura 77. *K-Board Pro 4* 197
Figura 78. Joué. 198
Figura 79. *Buchla LM218H* e *Easel-K* 199
Figura 80. *Manta* 200
Figura 81. Controlador de teclas Evo: 4 oitavas e 2 oitavas..... 201
Figura 82. *Hyperkeys*. 202
Figura 83. Esquema do *glissando* no *Continuum Figerboard* e no *Seaboard RISE 25*. 207
Figura 84. *Silent Drum*. 212
Figura 85. *HandSketch* 215
Figura 86. *HandSketch*: fotogramas de vídeo da versão beta para *iPad*. 217
Figura 87. Diversos teclados: (1) Cravo; (2) Piano e (3) controlador MIDI *Samsom Graphite 25*. 220
Figura 88. Aplicativos diversos com a representação do teclado padrão. 221
Figura 89. Diversos dispositivos e aplicativos conectados..... 221
Figura 90. Diversos entendimentos da rectangularidade do teclado padrão. 223
Figura 91. Piano *Janko*/ 224
Figura 92. *Tonal Plexus* 225
Figura 93. Diversas proporções de rectângulo. 226
Figura 94. Pormenor da guitarra *Ibanez AEG24II*. 227
Figura 95. *ZBoard 24x24*, *ZBoard 12×24*, *ZBoard ZB6* e *Sonic Palette*/. 227
Figura 96. Diversas consolas de acordeões e instrumentos relacionados. 228
Figura 97. Controladores com teclas hexagonais: *Terpstra*, *Opal, Microzone U-648, AXiS*-49 e *AXiS-64*. 230
Figura 98. Sanfona, *nyckelharpa*, manual e pedaleira do carrilhãoe *mbira Array*. 233
Figura 99. Piano *Pleyel* com sistema de duplo teclado de Emánuel Moór 235
Figura 100. Duplo piano reverso *Mangeot*. 236
Figura 101. Possibilidades de orientação dos graves-agudos. 237
Figura 102. *PianoArc SN1* 238
Figura 103. Piano de teclado curvo Clutsam: (1) pianista, compositor e maestro suíço Rudolph GanzH, (2) Pormenor de ilustração da patente. 238
Figura 104. Harpa de roda. 239
Figura 105. Diversos tipos de superfícies: (1) contínua e plana; (2) contínua com relevo; (3) fraccionada e plana; (4) fraccionada com relevo. 240

Figura 106. Tipo de alinhamento: ortogonal (cima); desfasado (baixo). 241
Figura 107. Ortogonalidade tendencialmente horizontal (cima) e vertical (baixo)..... 241
Figura 108. Diversos alinhamentos diagonais. 242
Figura 109. (1) Piano fabricado por Sebastien Erard com 5 pedais e (2) piano de pedaleira..... 244
Figura 110. Teclado padrão de 88 teclas. 248
Figura 111. Eixos X e Y do teclado padrão. 249
Figura 112. Medição da oitava *inclusive* e *exclusive*..... 250
Figura 113. Escala diatónica de Dó maior. 251
Figura 114. Posicionamento das teclas brancas. 251
Figura 115. Escala diatónica de *dó maior*: distribuição visual homogénea e sinalização dos ½ tons. 252
Figura 116. Escala cromática ascendente e descendente. 253
Figura 117. Escala cromática: sequências ascendentes com sustenidos (#) e bemóis (b). 253
Figura 118. Alterações enarmónicas. 254
Figura 119. Posicionamento teclas pretas. 254
Figura 120. Correspondência visual da divisão cromática com o limite norte do teclado padrão. 254
Figura 121. Conversão de teclas 3D em segmentos 2D 255
Figura 122. Constrangimentos da visão computacional. 266
Figura 123. Primeira amostra da superfície de contacto transparente e flexível. 278
Figura 124. Fotograma do Vídeo Anexo 4: manuseamento de folhas de gelatina. 279
Figura 125. Fotograma do Vídeo Anexo 5: variação pressão-condutibilidade eléctrica. 281
Figura 126. Camada de 220x300x5mm de *Clear Flex 30*: (1) resultado final e (2) cura no molde. 284
Figura 127. Ecrã deformável embutido em superfície de contacto. 285
Figura 128. Ecrã convencional debaixo de superfície de contacto e sensores transparentes. 286
Figura 129. Solução de captação de ataque através de microfones de contacto. 286
Figura 130. Esquema geral de aquisição dos eixos XYZ. 287
Figura 131. Fotograma do Vídeo Anexo 6: protótipo 1 288
Figura 132. Fotogramas dos Vídeo Anexo 7 e Vídeo Anexo 8: protótipo 2. 288

Figura 133. Protótipo 3: (1) encordoamento base e (2) posterior enchimento com gelatina derretida. 289
Figura 134. Protótipo 3: aspecto geral com esquema de *leds.* 290
Figura 135. Fotogramas dos Vídeo Anexo 9 e Vídeo Anexo 10: protótipo 3. 290
Figura 136. Rascunho geral da rectificação do projecto. 291
Figura 137. Protótipo 4: estudos prévios. 293
Figura 138. Protótipo 4: primeira versão funcional (03.02.2015). 294
Figura 139. Degradação do protótipo 4. 295
Figura 140. Diferença entre suporte inicial e suporte para ecrã *ASUS MB168B*..... 296
Figura 141. Protótipos 4: versão contínua (esquerda) e versão semi-contínua (direita). 297
Figura 142. Protótipo 4 semi-contínuo: pormenores da montagem 298
Figura 143. Fotograma do Vídeo Anexo 13. 299
Figura 144. (1) ligação de balança de cozinha ao *Arduino*; (2) Fotograma do Vídeo Anexo 14. 300
Figura 145. (1) Suporte para dispositivos móveis; (2) Pormenor da célula de carga; (3) Ligações ao amplificador de sinal HX711. 301
Figura 146. Esquema conceptual da implementação de hardware. 306
Figura 147. Processo geral de desenvolvimento (1ª parte). 307
Figura 148. Processo geral de desenvolvimento (2ª parte). 308
Figura 149. Sequência de prototipagem. 309
Figura 150. Integração geral da programação e mapeamento do Instrumento Base. ... 311
Figura 151. Trama da aquisição de voltagem do protótipo 4 (18x/8y). 313
Figura 152. Construção de matriz visual XY. 314
Figura 153. Pormenor de fotograma do Vídeo Anexo 15. 315
Figura 154. Matriz visual base. 315
Figura 155. Disposição das escalas na matriz base. 317
Figura 156. Comparação segmentária de oitava. 318
Figura 157. Escala cromática com e sem referência de cor. 320
Figura 158. Escalas diatónica e pentatónicas com e sem referência de cor. 321
Figura 159. Escala quartos de tom com e sem referencia visual de oitava. 322
Figura 160. Escalas diatónica, cromática e 1/4 de tom com e sem referenciação de nota. 323
Figura 161. Escala cromática sem e com referenciação mista. 324

Figura 162. Combinações possíveis com 7 escalas. 325
Figura 163. Exemplo de fragmentação isométrica do teclado, com deslocação da tónica para a direita (sudeste). 328
Figura 164. Exemplos de disposição fragmentada. 329
Figura 165. Inversão horizontal de sentido. 330
Figura 166. Rotação da imagem em 180º. 330
Figura 167. Rotação da matriz em 90º SPR para inversão de sentido. 331
Figura 168. Escalas com eixo simétrico. 332
Figura 169. Escala “ad hoc inventada”. 332
Figura 170. Escala menor harmónica. 334
Figura 171. Escala em estilo árabe. 334
Figura 172. Pormenor da régua *Linex SL100*. 336
Figura 173. Multi-escalas assimétricas. 337
Figura 174. Desfasamento microtonal. 338
Figura 175. Aspecto da consola de controlo geral. 341
Figura 176. Esquema de horizontalidades e verticalidades associadas aos eixos X e Y. 343
Figura 177. Ecrã interno de referência. 344
Figura 178. Consola de exibição de frequências. 345
Figura 179. Consola de modulação sonora. 346
Figura 180. Diagrama de ecrãs. 347
Figura 181. Comparação visual em píxeis dos ecrãs de aquisição gestual. 348
Figura 182. Comparação em centímetros das áreas de luz totais (cinza) e de interacção (branco). 351
Figura 183. Comparação do tamanho da área de interacção em píxeis. 352
Figura 184. Consola de selecção de ecrã. 353
Figura 185. Consola de rastreamento posicional *Tablet*. 353
Figura 186. Consola “random”. 354
Figura 187. Consola geral de selecção visual. 356
Figura 188. Painel geral: selecção tecla inteira. 358
Figura 189. Exemplos da divisão horizontal da tecla em ⟨1/2⟩. Selecção de escala diferente para melhor visualização do resultado. 359
Figura 190. Exemplos da divisão horizontal da tecla em ⟨1/4, 1/8⟩. Selecção de escalas diferentes para melhor visualização do resultado. 359

Figura 191. Unidades de divisão mínima (esquerda) e máxima (direita). 361

Figura 192. Percurso de divisão assimétrica de {8} para {3+2+2+1}. 362

Figura 193. Percurso de divisão assimétrica de {8} para {3+2+2+1}: caminho alternativo à Figura 192. 363

Figura 194. Reorganização de {3+5} para {5+3}. 364

Figura 195. Reorganização de {5+3} para {3+5}. 365

Figura 196. Ponto de partida com selecções diversificadas. 366

Figura 197. União de unidades individuais para {3+3+2}: as setas mostram os locais da selecções de união. 367

Figura 198. União para tecla inteira (accionada na seta). 368

Figura 199. Selecção de escalas e correspondência visual e conjunto de frequências. 369

Figura 200. Selecção "master" (M) da escala de quartos de tom. 370

Figura 201. Referenciação de oitava activa (coluna indicada pela seta e coloração a verde). 371

Figura 202. Referenciação da notação activa (coluna indicada pela seta). 372

Figura 203. Referenciação mista. 373

Figura 204. Consola de transposição por movimento de grau 374

Figura 205. Transposição de oitava no mecanismo de movimento de grau. 375

Figura 206. Funcionamento do movimento de grau. 376

Figura 207. Mistura de transposições de oitava com vários movimentos de graus. 377

Figura 208. Movimento relativo dos movimentos de graus através do "master" (accionado na indicação da seta). 378

Figura 209. Mistura de transposições de oitava com vários movimentos de graus aplicados a diferentes escalas e diferentes referenciações de oitava. 379

Figura 210. Consola geral da transposição por reajustamento de grau. 380

Figura 211. Transposição de oitava no mecanismo de reajuste de grau. 382

Figura 212. Transposição cromática no mecanismo de reajuste de grau. 383

Figura 213. Modos gregos naturais. 386

Figura 214. Representação espacial dos tons e 1/2 tons no modos. 387

Figura 215. Delimitação dos modos gregos ou litúrgicos. 387

Figura 216. Depuração do âmbito dos modos e respectiva estrutura intervalar. 388

Figura 217. Alinhamento espacial dos modos gregos ou litúrgicos. 388

Figura 218. Alinhamento intervalar dos modos. 389

Figura 219. Alinhamento intervalar dos modos, com referenciação da polaridade do desvio. 390
Figura 220. Transposição dos modos para dó, seguindo a ordem dos graus. 391
Figura 221. Comparação ordenada da estrutura escalar dos modos. 392
Figura 222. Ordenação maior-menor dos modos na consola. 392
Figura 223. Modo dórico nas 12 tonalidades. 394
Figura 224. Todos os modos na tonalidade de ré. 395
Figura 225. Consola de selecção "special layout". 397
Figura 226. Apagão da consola visual. 397
Figura 227. Disposição assimétrica. 398
Figura 228. Disposição desfasada. 399
Figura 229. Conjunto de três osciladores: *sine*, *square* e *sawtooth*. 400
Figura 230. Fotograma do Vídeo Anexo 16. 402
Figura 231. Extensão polifónica. 403
Figura 232. Consola universal de aquisição de sinal. 405
Figura 233. Consola específica "multi-escala" (seta). 406
Figura 234. Aspecto geral do ecrã de aquisição gestual: informação máxima em cores positivas. 407
Figura 235. Explicação do aspecto geral do ecrã de aquisição gestual: informação máxima em cores positivas. 408
Figura 236. Consola de configuração visual. 410
Figura 237. Exemplos de combinações visuais possíveis. 410
Figura 238. Fotogramas de mudança de aspecto do *Continuum Screenboard* (Vídeo Anexo 17). 411
Figura 239. Referencial contínuo e referencial discreto. 416
Figura 240. *Glissando* directo. 417
Figura 241. Discrição total. 418
Figura 242. Diversos graus de amplitude do *vibrato*. 420
Figura 243. Diversos graus de amplitude do *vibrato*: (1) menor que *glissando* projectado; (2) igual a *glissando* projectado; (3) maior que *glissando* projectado. 421
Figura 244. Diferentes fronteiras de *vibrato* sobre a nota A (lá). 422
Figura 245. Diversas amplitudes e fronteiras de *vibrato* ajustadas à prossecução de um *glissando*. 423
Figura 246. Fotogramas do Vídeo Anexo 18 e Vídeo Anexo 19. 425

Figura 247. Fotograma do Vídeo Anexo 20. 426
Figura 248. Esquema da coexistência de escalas sem *glissando* e com *glissando* projectado de 1s (1000ms). 427
Figura 249. Fotograma do Vídeo Anexo 21. 428
Figura 250. Comparação de *glissando* directo com *glissandi* projectados. 431
Figura 251. Esquematização dos *glissandi* directo e projectado. 433
Figura 252. Fotograma de Vídeo Anexo 22. 434
Figura 253. Fotogramas do Vídeo Anexo 23 e Vídeo Anexo 24. 443
Figura 254. Interface da superfície de aquisição gestual "play". 445
Figura 255. Aspecto geral da consola do leitor "Play". 446
Figura 256. Imagens base da implementação multi-camada. 447
Figura 257. Transformação dos eixos XY. 448
Figura 258. Acção exercida pelo eixo Z: (a) imagem constituída por diferentes camadas e (b) diferentes tamanhos da mesma imagem. 449
Figura 259. Fotogramas dos Vídeo Anexo 25 e Vídeo Anexo 26. 449
Figura 260. Fotograma do Vídeo Anexo 27. 450
Figura 261. Aspecto geral do *patch*. 451
Figura 262. Imagens geradas pela random machine. 452
Figura 263. Esquema de manipulação XY dum ficheiro vídeo. 454
Figura 264. Acção exercida pelo eixo Z: (1) aumento da escala e (2) transição entre vídeos diferentes. 454
Figura 265. Fotogramas dos Vídeo Anexo 28 e Vídeo Anexo 29. 455
Figura 266. Fotograma do Vídeo Anexo 30. 461
Figura 267. Fotograma do Vídeo Anexo 31. 461
Figura 268. Fotograma do Vídeo Anexo 32. 462
Figura 269. Fotograma do Vídeo Anexo 33. 463
Figura 270. Fotogramas do Vídeo Anexo 34 e Vídeo Anexo 35. 463
Figura 271. Medição de pressão por (1) estimativa de área e (2) aquisição directa. 467

LISTA DE VÍDEOS ANEXOS

Vídeo Anexo 1. Demonstração do software *Garritan* (1); 4

Vídeo Anexo 2. Demonstração de software *Garritan* (2*)*; 4

Vídeo Anexo 3. Emulação de trombone com teclado e *ribbon*. 4

Vídeo Anexo 4. Manuseamento de duas folhas de gelatina de 5mm e 8mm de espessura. 279

Vídeo Anexo 5. Variação de pressão-condutibilidade eléctrica em amostra de gelatina. 281

Vídeo Anexo 6. Protótipo 1: teste de variação de resistência através de *leds*. 288

Vídeo Anexo 7. Protótipo 2: teste de variação de resistência através de *leds*. 288

Vídeo Anexo 8. Protótipo 2: teste de variação de resistência através de multímetro... 288

Vídeo Anexo 9. Protótipo 3: experiência ao toque com som. 290

Vídeo Anexo 10. Protótipo 3: rectificação do encordoamento e experiência melódica. 290

Vídeo Anexo 11. Perda de condutibilidade eléctrica. 295

Vídeo Anexo 12. Degradação do protótipo 4 original..... 295

Vídeo Anexo 13. Protótipo 4 semi-contínuo: teste de pressão-intensidade. 299

Vídeo Anexo 14. Visualização da resposta à pressão através de alteração ao tamanho de um quadrado. 300

Vídeo Anexo 15. Teste do protótipo 4 beta. 315

Vídeo Anexo 16. Melodia em modo *analogic* com acompanhamento polifónico em modo *random*..... 402

Vídeo Anexo 17. Mudança do aspecto do *Continuum Screenboard.* 411

Vídeo Anexo 18. *Glissando* directo na aplicação *Continuum Screenboard*. 425

Vídeo Anexo 19. *Glissandi* projectados no Instrumento Base no protótipo 5. 425

Vídeo Anexo 20. Coexistência de escalas sem glissando e com glissando projectado de 1s..... 426

Vídeo Anexo 21. Exemplificação de *glissandi* projectado a 433ms na disposição assimétrica do Instrumento Base. 428

Vídeo Anexo 22. Modulação conjunta do timbre, intensidade e micro-variação de altura. 434

Vídeo Anexo 23. Manipulação da gravação da nota dó. 443

Vídeo Anexo 24. Manipulação de um excerto áudio de “La Donna è Mobile”..... 443

Vídeo Anexo 25. Acção tridimensional *cmXYZ* em imagem fixa: multicamada no eixo Z. 449
Vídeo Anexo 26. Acção tridimensional *cmXYZ* em imagem fixa: tamanho no eixo Z.449
Vídeo Anexo 27. Desenho com espessura variável. 450
Vídeo Anexo 28. Manipulação vídeo *cmXYZ*: eixo Z manipula tamanho. 455
Vídeo Anexo 29. Manipulação vídeo *cmXYZ*: eixo Z mistura 2 vídeos diferentes. 455
Vídeo Anexo 30. Improvisação harmónica do tema *Oraison*. 461
Vídeo Anexo 31. Improvisação harmónica sobre uma escala pentatónica. 461
Vídeo Anexo 32. Tema *Oraison* na versão cromática do *Instrumento Base*. 462
Vídeo Anexo 33. Tema Oraison na versão multi-escala do *Continuum Screenboard*. 463
Vídeo Anexo 34. Execução da escala Bohlen-Pierce. 463
Vídeo Anexo 35. Pequena improvisação melódica sobre a escala Bohlen-Pierce. 463

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estrutura geral da tese. 35

Quadro 2. Exemplos esquemáticos de *Input-Output* instrumental. 117

Quadro 3. Exemplos instrumentais de discrição-continuidade de parâmetros musicais. 139

Quadro 4. Diversos graus de continuidade e discrição: modelo acústico. 145

Quadro 5. Diversos graus de continuidade e discrição: transposição do modelo acústico para contexto electrónico. 150

Quadro 6. Comparação dos dispositivos planos abordados. 204

Quadro 7. Dimensões dos teclados de piano *Steinbuhler*. 250

Quadro 8. Pressupostos musicais da implementação instrumental. 268

Quadro 9. Correspondência da notação latina e anglo-saxónica. 319

Quadro 10. Progressão das variantes visuais até 8 segmentos (7 divisórias). 326

Quadro 11. Comparação dos ecrãs utilizados. 350

Quadro 12. Comparação das áreas de aquisição gestual. 350

Quadro 13. Correspondência terminológica dos modos. 386

Quadro 14. Quadro resumo dos resultados sonoros. 435

Quadro 15. Esquema comparativo de flexibilidade visual. 440

Capítulo 1 - Introdução

Esta investigação debruça-se na conjugação instrumental de aspectos musicais contínuos e discretos. Os instrumentos musicais são concretizadores sonoros de parâmetros musicais, produzindo eventos sonoros constituídos por vários aspectos interligados. Por exemplo, um determinado som gerado pelo tocar de uma tecla de piano é constituído por uma determinada altura (frequência fundamental e respectivos parciais), uma determinada intensidade[1], um determinado timbre[2] e uma determinada duração. Se a duração de um som gerado pelo premir e soltar da tecla é claramente circunscrito, já a conjugação dos parciais de uma determinada frequência está intimamente interligada com a intensidade sonora[3] (Askenfelt & Jansson, 1990).

O exemplo anterior é relativamente limitado no número de variáveis sonoras envolvidas. O som gerado pelo ataque friccionado de uma corda de violino é, por exemplo, bastante mais complexo. Enquanto que no piano o ataque da corda é um momento único e circunscrito, proporcionado pelo sistema de escape da sua mecânica, o ataque friccionado de uma corda de violino é apenas o início da produção sonora, que tem de ser constantemente reforçado para haver prolongamento sonoro. Neste processo há uma conjugação temporalmente sustentada de aspectos sonoros contínuos intrinsecamente ligados, uma conjugação de variáveis físicas geradora de um resultado sonoro complexo (Schelleng, 1973).

Entende-se por aspectos sonoros contínuos aqueles que estão relacionados com linearidade, continuidade, preenchimento ou, por outras palavras, sem intervalos, lacunas ou interrupções. Em termos instrumentais corresponde, tomando como exemplo o violino, às variações de dinâmica com a mesma arcada, à micro-afinação contida no *vibrato* ou à mudança de timbre resultante da aproximação, na mesma arcada, do arco ao cavalete. Todas estas mudanças são operadas – caso não haja alguma interrupção premeditada – de forma contínua, sem saltos ou interrupções.

---

[1] Volume sonoro, amplitude de onda.

[2] Aqui entendido como a qualidade que permite distinguir dois sons com a mesma altura, duração e intensidade (American Standards Association, 1960).

[3] Embora esta correspondência não seja linear, ou seja, nos instrumentos acústicos os parciais comportam-se forma específica em diferente graus de intensidade geral.

Entende-se por aspectos sonoros discretos aqueles que estão relacionados com unidades separadas, descontínuas, individuais, sem pontos intermédios. Em termos instrumentais corresponde, tomando como exemplo o piano, à execução de notas diferentes e à consequente diferença de alturas entre elas. Ao executar notas diferentes, ou seja, diferentes alturas, há um salto entre elas, sem pontos intermédios, com fronteiras bem definidas. O mesmo acontece com diferentes intensidades, onde pode haver diferença entre cada ataque sonoro. Neste caso não é possível modular pontos intermédios de intensidade, sendo o único elemento contínuo o decair acústico natural de cada nota. Os aspectos discretos e contínuos atrás referidos vão ser aprofundados no subcapítulo "2.4 – Discreto vs. Continuum".

Entende-se como nota musical a representação simbólica ou codificada de um determinado som com informação de altura dentro de um contexto musical. Numa partitura convencional[4] a "nota" é um elemento simbólico que representa uma determinada altura[5] dentro de uma determinada lógica harmónica, uma codificação musical para posterior execução performativa. A própria nota é um elemento discreto, ou seja, há uma delimitação conceptual discreta dos elementos representados. Caso seja utilizada de forma alfabética, pode referir-se apenas a um determinado grau de um sistema escalar (ex.: dó, C); ou especificar qual a tessitura do mesmo, contendo nesse caso a respectiva altura (ex.: dó3, C3)[6].

Se for integrada numa partitura da tradição ocidental, os elementos básicos obrigatoriamente presentes na nota musical são os seguintes: (1) a altura do som, ou seja, o seu posicionamento escalar e respectiva tessitura; (2) a duração do som, ou seja, o início e término da tal altura sonora implícita[7]. Outros elementos como a dinâmica, articulações e elementos expressivos podem ser introduzidos de acordo com os contextos histórico e formal.

A conjugação de elementos discretos e contínuos encontra soluções diferenciadas no universo instrumental. Esta investigação reflecte sobre as mesmas e, simultaneamente, procura novas soluções instrumentais de combinação desses mesmos elementos.

---

[4] Tome-se como exemplo a notação de tradição ocidental.

[5] Embora as alturas sejam normalmente definidas, podem também especificar alturas livres ou alturas indefinidas. De qualquer modo, todos estes atributos são especificações de altura, mesmo que não definidas.

[6] De notar que a notação alfabética é adicionalmente utilizada para representar acordes.

[7] Embora as durações sejam normalmente definidas, podem especificar durações livres ou indeterminadas. De qualquer modo, todos estes atributos são especificações de duração, mesmo que não definidas.

Em termos de estrutura o presente capítulo destina-se a apresentar a temática de estudo, as questões levantadas pela investigação, o conceito instrumental a desenvolver, o estado actual dos instrumentos musicais relacionados, os objectivos e desafios da reflexão, a metodologia e a estrutura da tese.

1.1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A utilização de teclados, chaves, botões e trastes tem sido habitual na construção de instrumentos musicais, optimizando a performance discreta do conceito tradicional de nota musical, sobretudo no que diz respeito à altura do som. Contudo essa delimitação instrumental suprime, em muitos casos, a manipulação sonora após o ataque da nota, nomeadamente a manipulação contínua de intensidade, timbre e micro-afinação. Mais ainda, esta estruturação discreta, sendo fixa, não permite a execução de notas diferentes da divisão escalar instrumentalmente definida.

Nos instrumentos acústicos encontra-se um espectro de soluções que variam entre capacidade discreta total (órgão de tubos) e capacidade contínua total (voz, serrote musical, sirene), incluindo uma miríade de instrumentos que fazem um compromisso intermédio mais ou menos discreto ou contínuo. Os diversos graus de discrição-continuidade serão aprofundados no subcapítulo "2.4 – Discreto vs. Continuum".

Os instrumentos com capacidade contínua são, para esta investigação, todos aqueles capazes de operar mudanças contínuas a nível de altura, intensidade, timbre e micro-afinação[8]. Tomando como exemplos o violino e o trombone de varas, estes instrumentos permitem manipular alturas sonoras sem as limitações impostas a nível de predefinição escalar, proporcionando similarmente uma manipulação livre a nível de intensidade, timbre e micro-afinação. Contudo, a concretização da altura e afinação escalar constituem uma tarefa técnica exigente a nível de treino instrumental e, no limite, circunscrita aos limites auditivos do instrumentista.

Os instrumentos com capacidade discreta são, para esta investigação, todos aqueles capazes de executar, sem interrupção sonora, diferentes notas com circunscrição de altura e executar diferentes intensidades circunscritas ao ataque sonoro. Poderão ainda executar, em casos especiais[9], a mesma nota com timbres diferenciados discretamente circunscritos. Em termos simplificados são todos os instrumentos que

[8] Com a possibilidade de execução de diversos temperamentos e pequenas oscilações de altura como o *vibrato*.

[9] No caso dos órgãos de tubos e cravos com vários registos, podendo tocar a mesma nota em registos diferentes.

executam sem interrupção sonora diferentes notas com circunscrição de altura, intensidade e timbre sonoros.

No caso dos teclados, nomeadamente em muitos controladores com o protocolo *Musical Instrument Digital Interface*[10] (MIDI), o recurso a ferramentas auxiliares adicionais, como as comummente designadas por *pitch bend*[11], *modulation wheel*[12], *ribbon*[13] e diversos pedais de expressão e controlo, permitem modelar aspectos contínuos com resultados expressivos (Figura 1, Vídeo Anexo 1, Vídeo Anexo 2, Vídeo Anexo 3). Todavia – para além do treino específico, agilidade e complexidade técnica adicional –, não abarcam todos os recursos instrumentais dos dispositivos contínuos.



Figura 1. Fotogramas do Vídeo Anexo 1, Vídeo Anexo 2 e Vídeo Anexo 3.

Vídeo Anexo 1. Demonstração do software *Garritan* (1);

Vídeo Anexo 2. Demonstração de software *Garritan* (2);

Vídeo Anexo 3. Emulação de trombone com teclado e *ribbon*.

Um aspecto restritivo dos teclados é a imposição da representação escalar fixa, resultante da disposição física das teclas. Fazer corresponder, como exemplo hipotético, uma escala com divisão de oitava em 17 partes num teclado com disposição visual convencional (divisão da oitava em 12 partes) iria obrigatoriamente gerar uma de duas situações: (1) ou eliminar vários graus da escala de 17 partes para manter a correspondência visual de oitava com a escala de 12 partes; (2) ou manter todos os graus da escala de 17 partes mas perder a correspondência visual de oitava com a escala de 12 partes, alterando irremediavelmente a lógica da disposição visual oitavada (Figura

[10] http://www.midi.org/

[11] "Pitch bend" é o nome dado ao mecanismo destinado a executar variações contínuas de altura sonora. Normalmente a sua posição de repouso encontra-se automaticamente localizada num ponto intermédio do seu curso.

[12] "Modulation wheel" é o nome dado ao mecanismo em forma de roda destinado a modular parâmetros sonoros contínuos. A sua posição de repouso tanto pode estar localizada na última posição utilizada como retornar automaticamente a um ponto intermédio do seu curso.

[13] "Ribbon" é o nome dado a um mecanismo em forma de tira destinado a manipular alturas de forma contínua.

2). A única solução, num teclado físico com estas características, é uma disposição específica correspondente à divisão escalar pretendida.

A crescente incorporação de ecrãs em dispositivos instrumentais electrónicos abre novas possibilidades de representação visual variável de elementos discretos, proporcionando, em teoria, uma mutabilidade visual infinita, adstrita ao conceito de imagem projectada. Isso poderia, em teoria, conferir aos sistemas discretos configurações visuais mutáveis, libertos de fisicalidade estática, resolvendo as impossibilidades apresentadas na Figura 2. Nesse caso, seria possível reconfigurar visualmente a representação discreta a nível de divisão escalar, bem como outros aspectos como o tamanho, cor e geometria da representação.

A representação visual através de ecrãs poderia, paralelamente, conferir referências visuais discretas aos sistemas contínuos. Assim sendo, os sistemas contínuos poderiam beneficiar de pontos de referência ou mapeamentos visuais auxiliares.

O problema é que os ecrãs e os sistemas de projecção de imagem não proporcionam um nível de interacção suficientemente reactivo a nível de gestos transmissores de variações contínuas de pressão, essenciais para a manipulação táctil e contínua desses elementos, para além da sua difícil regulação (Mcpherson, Gierakowski, & Stark, 2013, p. 2196). É importante referir que o ataque e manipulação sustentada de um som pode acontecer numa fracção temporal muito pequena, assim como a percepção dos fenómenos sonoros é, homologamente, célere[14].

A motivação desta investigação passa por encontrar uma solução para este *handicap* e abrir novas perspectivas instrumentais da manipulação de elementos discretos e contínuos. A junção de capacidade táctil com capacidade de configuração visual flexível poderá abrir novas possibilidades instrumentais de execução conjunta de elementos contínuos e discretos.

[14] A título de comparação de grandezas, a imagem em movimento no cinema é constituída por 24 imagens por segundo, enquanto que o som tem uma taxa de 48000 amostras por segundo (44100 no caso de um CD de música).

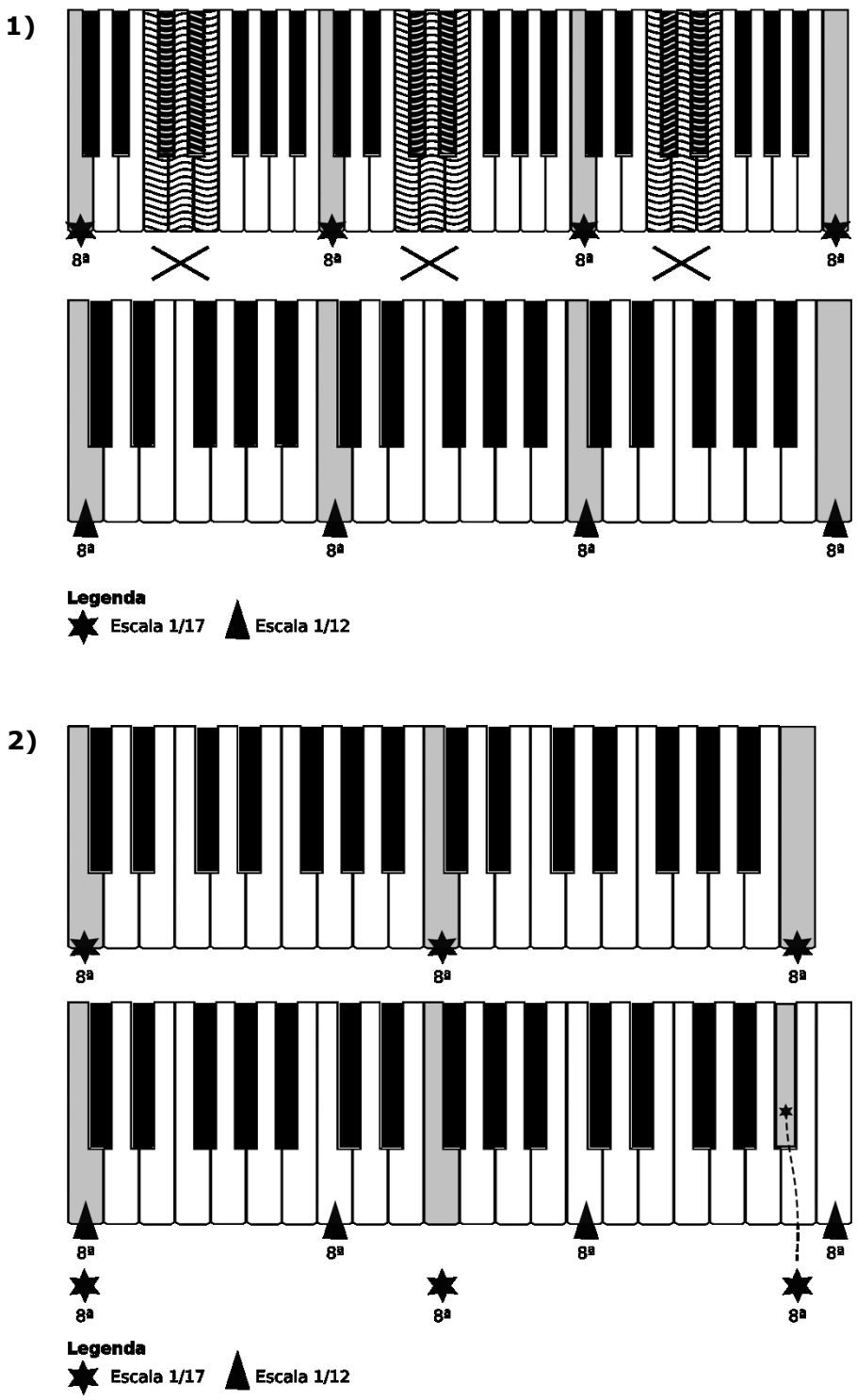


Figura 2. Impossibilidade de correspondência visual de uma escala com divisão de oitava em 17 partes num teclado de 12 partes: (1) ou se eliminam graus da escala de 17 partes ou (2) perde-se a noção visual de oitava.

1.2. CONCEITO INSTRUMENTAL

Este subcapítulo tem como objectivo apresentar o conceito instrumental conciliador (1) da flexibilidade visual proporcionada pelos sistemas dotados de ecrã com (2) a sensibilidade táctil necessária para uma capacidade instrumental satisfatória.

Será apresentado numa sequência que terá como ponto de partida uma utopia conceptual e finalizada com a antevisão dos protótipos desenvolvidos por esta investigação.

1.2.1. Limites da imaginação

Se fosse possível transpor literalmente a imaginação para a realidade, sem qualquer tipo de limites de concretização, o conceito instrumental a implementar seria baseado na personagem *T1000* do filme *Terminator 2* de James Cameron (Figura 3). Este *robot* "líquido" permite uma completa transfiguração escultural, podendo assumir as mais diversas formas[15]. Assumindo que tal fosse possível, uma vez que o limite é a imaginação, obter-se-ia um controlador esculturalmente moldável, permitindo a existência de um dispositivo de aquisição gestual *ad hoc*.

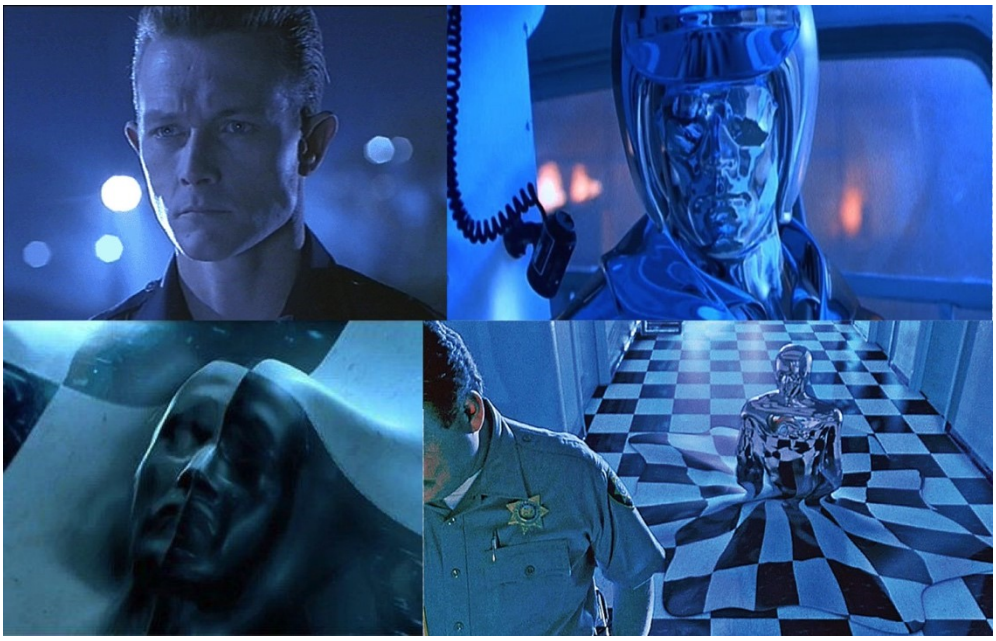


Figura 3. *Terminator 2*: *robot* transfigurável *T1000*.

[15] Algures no filme, o *Terminator* (Arnold Schwarzenegger) explica que a transformação tem limites, não podendo assumir a forma de mecanismos maquinais complexos. Mas o cerne conceptual do exemplo do *T1000* diz respeito à sua mutabilidade escultural.

Poderia mimetizar qualquer realidade visual, como se de uma escultura líquida se tratasse. E claro, teria a sensibilidade de aquisição gestual equivalente ao tacto humano, podendo captar todas as *nuances* de pressão nele exercidas.

Concretizando mais, e exemplificando com dispositivos instrumentais já existentes, seria uma espécie de *Seaboard*[16] esculturalmente transfigurável, assumindo a forma que o instrumentista achasse mais conveniente para concretizar as suas ideias musicais (Figura 4).

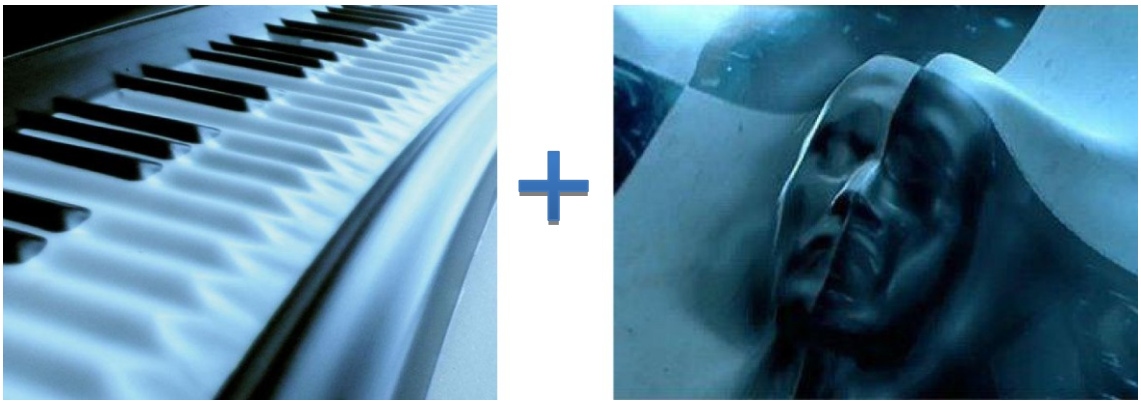


Figura 4. Junção conceptual do *Seabord*[17] com a plasticidade do *T1000*.

Antes de prosseguir, deve ser salientado que, já em 1986, Keislar reportou essa necessidade, a propósito de um ideal controlador microtonal configurável:

> For maximum flexibility, one would like a keyboard with a programmable physical configuration. The Rolky is a device with a completely programmable touch-plate capable of responding to multiple contact areas (Johnstone, 1985). Any sort of key layout can be graphically represented on its screen; the "keys" are activated by pressing upon the screen. The ideal microtonal controller wold be similarly configurable but three-dimensional, with movable keys of variable size and shape, in order to maximize tactile feedback.[18] (1986, p. 84)

A ideia de obter uma superfície escultural moldável está a ser trabalhada como uma das próximas etapas da interacção táctil. O grupo de investigação *Tangible Media*[19]

---

[16] https://www.roli.com/

[17] Imagem da antevisão da superfície apresentada por (Lamb & Robertson, 2011, p. 503).

[18] "Para máxima flexibilidade, seria desejável um teclado com uma configuração física programável. O *Rolky* é um dispositivo com uma placa de toque totalmente programável, capaz de responder a múltiplas áreas de contacto (Johnstone, 1985). Qualquer tipo de disposição de tecla pode ser representada graficamente no seu ecrã; as "teclas" são activadas pressionando o ecrã. O controlador microtonal ideal poderia ser configurado de maneira semelhante, mas de forma tridimensional, com teclas móveis de tamanho e formato variáveis, para maximizar o feedback táctil" (Keislar, 1986, p. 84).

[19] http://media.mit.edu/research/groups/tangible-media

do MIT[20] *Media Lab* tem estado a trabalhar nesta área, tendo inclusivamente apresentado uma série de protótipos concretizadores do conceito denominado como átomos radicais[21]. Este conceito assenta na visão da "interacção humana com materiais físicos dinâmicos, computacionalmente transformáveis e reconfiguráveis" (Hiroshi Ishii, Lakatos, Bonanni, & Labrune, 2012, p. 45).

Apesar da concretização conceptual estar em andamento numa série de impressionantes protótipos (Figura 5), obter uma transfiguração similar à do *robot T1000* pertence ainda, na presente data, ao domínio da ficção científica. Na verdade, como explicam os anteriores autores, trata-se de uma investigação movida por uma visão[22], ou seja, um horizonte aproximado de 100 anos (Hiroshi Ishii et al., 2012, pp. 49–50). Acresce ainda que a transfiguração escultural e a sensibilidade táctil são assuntos diferentes, embora tivessem sido apresentados em conjunto.

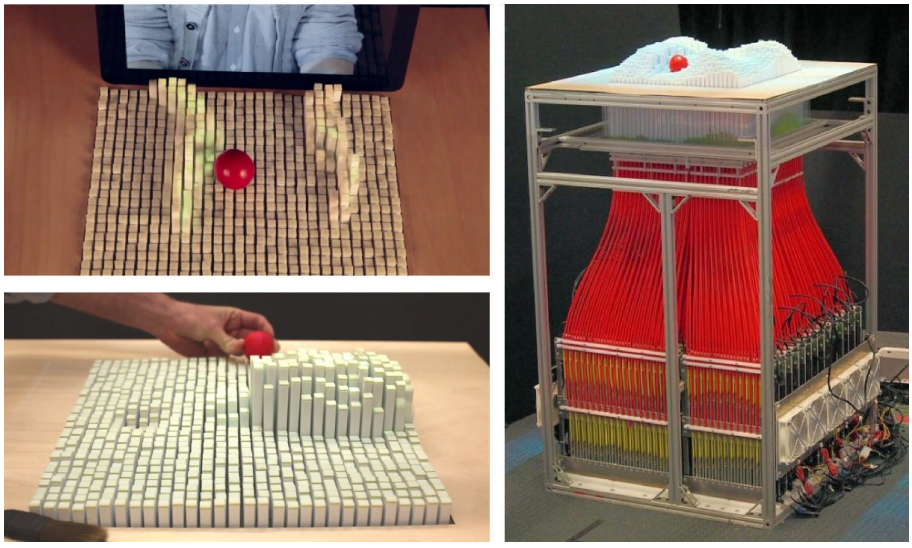


Figura 5. Átomos Radicais (*Radical Atoms)*[23].

Um exemplo de manipulação escultural é o dispositivo *MATRIX* (Overholt, 2001b, 2001a), embora esteja mais vocacionado para a manipulação de elementos sonoros contínuos, uma vez que não fornece informação luminosa configurável para guiar elementos discretos ligados à altura do som. Outros dispositivos como o

[20] Massachusetts Institute of Technology

[21] Do inglês "radical atoms".

[22] Do inglês "vision-driven".

[23] https://vimeo.com/79660240

KinéPhone[24] (Xiao et al., 2016) e *SoundFORM*[25] (Colter et al., 2016) conciliam transformação escultural com interacção táctil. Contudo, a combinação de actuadores e sensores está mais vocacionada para a transformação morfológica que na aquisição contínua e minuciosa da pressão exercida. De notar que, em ambos os casos, a combinação de aquisição e actuação é, só por si, um grande avanço[26]. Mas ter o melhor dos dois mundos (a melhor actuação mecânica com a melhor aquisição táctil) é uma combinação de elevada complexidade. Esse facto é referido nos "ecrãs de formas"[27], tanto nos seus propósitos como nas suas limitações[28] (Nakagaki, Vink, et al., 2016).

1.2.2. Aquilo que se encontra separado

Em termos de conceito instrumental esta investigação preconiza a junção de duas realidades: (1) a representação visual flexível e (2) a aquisição de pressão gestual. Não se trata aqui de um propósito tecnológico inalcançável mas uma junção conceptual da representação visual flexível com capacidade de aquisição gestual táctil, utilizando apenas materiais disponíveis.

1.2.2.1. As vantagens da representação visual flexível

A representação visual flexível encontra-se presente em todos os dispositivos de projecção de imagem, nomeadamente nos ecrãs. O processo de incorporação de ecrãs em objectos do quotidiano tem vindo a aumentar sucessivamente. Na Figura 6 estão ilustrados diversos equipamentos com incorporação de ecrã. Independentemente dos graus de integração e interacção dos exemplos mostrados, todos eles beneficiam da representação flexível de imagens e informações, podendo assumir configurações visuais diversificadas.

---

[24] https://tangible.media.mit.edu/project/kinphone/

[25] https://www.youtube.com/watch?v=xQkZ0jXA-OY

[26] O dispositivo *PocoPoco* apresenta superfície plana com alguma transformação escultural, embora com uma matriz de actuadores bastante mais modesta e mais vocacionada para a sequenciação (Kikukawa et al., 2012).

[27] Do inglês "shape displays".

[28] A nível de detecção de toque, a sua percepção fiável foi calibrada para 0.45 segundos (Nakagaki, Vink, et al., 2016, pp. 2767–2768), o que em determinadas aplicações sonoras e musicais é um lapso temporal desadequado. A esta percepção do toque (contacto) faltaria ainda o nível de pressão do mesmo.



Figura 6. Exemplos de incorporação de ecrãs no quotidiano.

Legenda: (1) máquina de lavar a roupa *Samsung*[29]; (2) Ecrã de navegação do modelo *BMW* Série 7[30]; (3) Diversos *smartphones* de diferentes marcas.

Esta profusão de imagem estende-se a dispositivos musicais e sonoros com as mais variadas utilizações: desde a simples exibição de informação até sistemas interactivos. Os exemplos da Figura 7 são meramente ilustrativos da existência desta realidade, sendo feita uma análise mais específica no subcapítulo "3.1 – Corpus Instrumental".



Figura 7. Exemplos de incorporação de ecrã em dispositivos musicais.

Legenda: (1) Bancos de sons *IK Multimedia*[31] para sistema *Android*; (2) *Reactable By MOS*[32]*;* Mesa de mistura digital *Yamaha QL Series*[33].

1.2.2.2. A necessidade do tacto

O tacto é um elemento essencial no manuseamento fino dos mais diversos objectos. Para esta investigação o tacto compreende sensibilidade contínua a diversos graus de pressão exercida num determinado ponto.

---

[29] http://www.samsung.com/pt/consumer/home-appliances/washing-machines/washer/WW90J6410CW/EP

[30]http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/7series/sedan/2015/showroom/innovative_functionality.html

[31] http://www.ikmultimedia.com/products/ilectricandroid/

[32] http://www.reactable.com/products/by-mos/

[33] http://www.yamahaproaudio.com/global/en/products/mixers/ql/index.jsp

Convém, antes de mais, diferenciar os conceitos de "toque" e "tacto". Esta investigação entende a capacidade de "toque" como a capacidade discreta de reagir a um determinado contacto. Por outro lado o conceito de "tacto" está relacionado com a capacidade de diferenciar de forma contínua diferentes níveis de contacto, ou seja, captar diferentes níveis de pressão de um contacto ao longo do tempo.

Muitos dispositivos reagem a uma interacção binária do tipo sim ou não, ligado ou desligado, presente ou não presente. Exemplos como o teclado ASCII[34] de um computador, um interruptor de luz ou até o ecrã *touch*[35] de muitos *smartphones* reagem desta forma, sem capacidade de transmitir pontos intermédios. A partir do limite da inércia ou da sensibilidade do dispositivo, a pressão exercida vai mudar para uma das posições binárias anteriormente descritas.

Existem, contudo, diversos dispositivos de aquisição táctil capazes de medir pontos intermédios de pressão, destinados a tarefas que ultrapassam o simples contacto. Há, no entanto, uma subtileza que convém discriminar: a medição de pressão pode ser feita de forma pontual ou contínua.

No primeiro caso há uma captação da pressão apenas num determinado ponto temporal, fora do qual não é adquirida mais informação. Um exemplo desta situação é o sistema de escape do piano: a intensidade do premir da tecla é transferido num determinado ponto do percurso do movimento, só havendo nova transferência depois de voltar ao ponto de repouso.

No segundo caso há uma medição contínua do contacto, desde o seu ponto de repouso até ao limite máximo de pressão admitido pelo mecanismo. É deste modo que funciona o acelerador de um automóvel ou o teclado de um controlador com um sistema de *after-touch*[36]."

Sejam de forma pontual ou contínua, ficam mostrados na Figura 8 alguns exemplos de dispositivos não-musicais portadores desta realidade.

---

[34] Acrónimo Inglês de "American Standard Code for Information Interchange"

[35] A palavra inglesa "touch" pode ser interpretada como toque ou tacto. Daí a denominação comum de ecrã táctil na língua portuguesa. Seria mais correcta a utilização, por exemplo, de ecrã de toque, de contacto ou, mais genericamente, como ecrã interactivo.

[36] Neste caso, estando premida, a tecla é capaz de adquirir diferentes níveis de pressão sobre ela aplicada.



Figura 8. Exemplos de dispositivos com capacidade de aquisição de pressão.

Legenda: (1) balança electrónica; (2) Mesa de desenho *Wacon Intuos Pro Medium*[37]; (3) *Apple Force Track Trackpad*[38].

O tacto é também um elemento privilegiado em inúmeros dispositivos musicais, no sentido em que estes reagem a diferentes graus de pressão exercida, seja forma contínua ou pontual (Figura 9). A dinâmica, ou seja a intensidade sonora, por exemplo, é um elemento muito interligado à intensidade da pressão exercida na superfície de aquisição gestual de um instrumento musical. Nos instrumentos acústicos, tirando raríssimas excepções[39], a intensidade sonora depende e está relacionada com este tipo de acção. Nos instrumentos electrónicos não existe necessariamente essa relação, como será abordado na secção "2.1.6 - *Input* e *output* instrumental", embora ela seja profusamente utilizada.



Figura 9. Exemplos de dispositivos musicais com capacidade de aquisição de pressão.

Legenda: (1) mecanismo do piano eléctrico *Roland DP-990*[40]; (2) Pedais padrão de piano de cauda[41]; Percussão electrónica *Korg Wavedrum Global Edition*[42].

---

[37] http://www.wacom.com/-/media/wacomdotcom/images/products/pen-tablets/intuos-pro-se/intuos-pro-se-multitouch-f.jpg

[38] http://www.apple.com/macbook-pro/design-retina/

[39] Diversos órgãos de tubos e instrumentos de teclas, como por exemplo o cravo.

[40] http://www.roland.com/products/dp-990/

[41] https://en.wikipedia.org/wiki/Sustain_pedal#/media/File:Steinway_grand_piano_-_pedals.jpg

[42] http://www.korg.com/us/products/drums/wavedrum_global_edition/

1.2.3. Antevisão instrumental

Depois de apresentados os limites da imaginação e constatar a existência de dois paradigmas separados (flexibilidade visual e tactilidade), esta investigação preconiza a junção dos mesmos para alcançar novas possibilidades instrumentais.

1.2.3.1. Juntar o que se encontra separado

Procurando uma fusão de dispositivos actualmente existentes, esta investigação preconiza a junção conceptual de dois dispositivos: o *Continuum Fingerboard*[43] com qualquer dispositivo capaz de projectar imagem do tipo ecrã (Figura 10).



Figura 10. Junção conceptual do *Continuum Fingerboard* com flexibilidade visual de ecrã.

O *Continuum Fingerboard* é um controlador com uma superfície plana, flexível e deformável. A sua capacidade táctil contínua permite a performance de elementos contínuos a nível de altura, dinâmica, timbre e micro-afinação. Visualmente é apresentado com a disposição escalar da divisão da oitava em 12 partes ou, opcionalmente, sem qualquer tipo de referência visual (Figura 11).



Figura 11. *Continuum Fingerboard* com (1) referência escalar e (2) sem referência escalar.

O *Continuum Fingerboard*, ao contrário do referido *Seaboard*, ao não apresentar qualquer tipo de relevo, poderia constituir uma vantagem na estruturação escalar

[43] http://www.hakenaudio.com/Continuum/index.html

diferente da divisão de oitava em 12 partes. Mas a sua configuração visual fixa impede a concretização coerente desse propósito.

No caso da versão com referência visual escalar, a utilização de escalas com divisão de oitava diferente de 12 partes criaria a incompatibilidade visual anteriormente exposta na Figura 2.

No caso da versão sem referência escalar, o conceito de representação visual perder-se-ia por completo, ficando o instrumentista completamente dependente do treino auditivo e instrumental.

Em suma, o que esta investigação preconiza, tendo em conta o estado da arte actual, seria um instrumento com as capacidades tácteis do *Continuum Fingerboard* com as capacidades de representação visual flexível inerentes a qualquer dispositivo de ecrã.

1.2.3.2. O caso do iPhone 6S e da tecnologia 3D Touch

Antes de seguir em frente, há uma questão que se coloca: porque não utilizar directamente um dispositivo de ecrã com capacidade de toque? A resposta é negativa pela impossibilidade de, na altura do início desta investigação (2010), os ecrãs não detectarem os diferentes níveis de pressão necessários para uma execução instrumental satisfatória.

Esta realidade poderá ter mudado, em Setembro de 2015[44], com o lançamento do *iPhone 6S*[45] nos Estados Unidos da América (EUA). Segundo a *Apple*[46], este *smartphone* introduz uma nova tecnologia táctil para ecrãs, o denominado *3D Touch*[47/48], capaz de captar de forma contínua a pressão exercida no ecrã.

Fica a dúvida se a tal precisão, juntamente com a sua modulação, seria satisfatória para os propósitos instrumentais desta investigação. A existência de aplicações que usam este dispositivo como balança[49], sugere uma aplicabilidade considerável. Contudo, sendo o aparecimento deste dispositivo posterior ao início da prototipagem, o processo de desenvolvimento seguiu outro caminho.

---

[44] Lançado em Portugal no dia 9 de Outubro de 2015.

[45] http://www.apple.com/iphone/

[46] http://www.apple.com/

[47] http://www.apple.com/iphone-6s/3d-touch/

[48] http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3293619/Turn-iPhone-WEIGHING-SCALES-Gravity-app-uses-3D-Touch-features-measure-small-items.html

[49] http://www.touchscale.co/

Sabendo que o que está em questão é a conjugação da flexibilidade visual com capacidade táctil existem, contudo, outros dois aspectos complementares que o *iPhone 6S* (e todos os dispositivos de consumo com essa tecnologia ou equivalente) não possui em relação ao *Continuum Fingerboard*.

Em primeiro lugar a sua superfície não é deformável. Uma superfície rígida não proporciona ao instrumentista o mesmo retorno táctil que uma superfície deformável ou com teclas móveis. Em segundo lugar as suas dimensões físicas bastante mais reduzidas podem ter impacto no desenho instrumental: (1) ou condicionam o âmbito visual da representação escalar; (2) ou condicionam os gestos de interacção performativa; (3) ou ambos os pontos anteriormente apontados. Posteriormente surgiram outros dispositivos com a tecnologia *3D Touch*, como o *iPhone 7*[50], embora se mantenham as limitações apontadas. Mais recentemente a ROLI, disponibilizou a aplicação de *software* NOISE[51/52], aproveitando – dentro do conceito instrumental desta investigação – as potencialidades do *3D Touch*.

O facto de haver disponibilidade de novo *hardware* não significa que haja um desenvolvimento automático de aplicações que explorem o seu potencial: as especificações técnicas podem não ser adequadas a necessidades muito específicas, o desenvolvimento de *software* pode ser demorado, e a necessidade e sucesso de aplicações musicais – nomeadamente em termos instrumentais – estão dependentes de factores complexos. Estes factores serão abordados de forma recorrente ao longo da investigação.

1.2.4. Concretização instrumental

Apresentam-se a seguir duas soluções instrumentais para concretizar o espírito da investigação. A primeira serviu de base a todo o processo de desenvolvimento, desde as primeiras ideias de prototipagem até ao grosso da programação (2011-2017); e uma outra que aproveita a experiência e a programação feita, aplicando-a numa plataforma de *hardware* mais simples e estável (2016-2017), desenvolvendo posteriormente novas aplicações. De notar que, apesar da segunda solução ser pragmaticamente mais promissora, ambas devem ser entendidas como um conjunto, tendo a solução mais antiga aspectos peculiares não abrangidos pela mais recente, nomeadamente a capacidade de aquisição simultânea e contínua de 18 pontos diferentes, bem como a sua

[50] Lançado em 16 de Setembro de 2016.

[51] https://roli.com/products/software/noise

[52] Embora a *Roli* designe capacidade táctil 5D, na verdade são 5 tipos de acção (*strike*, *glide*, *slide*, *press*, *lift*) exercidas num eixo tridimensional (3D).

deformação física elástica. A avaliação e diferenciação das duas soluções vão ser apresentadas na secção" 5.5.2 - Comparação do protótipo 4 e protótipo 5".

1.2.4.1. Superfície táctil e transparente com acoplamento de ecrã

A primeira solução instrumental foi concretizada pela construção de um protótipo que sobrepõe uma superfície táctil transparente[53] a um ecrã convencional (Figura 12). Em termos conceptuais, a superfície táctil destina-se a rastrear a posição (eixos XY) e, em simultâneo, captar a pressão exercida na sua superfície (eixo Z). Devido à sua transparência, deixaria passar as imagens exibidas pelo ecrã, sendo a função deste último restringida à exibição da parte visual do conceito instrumental.

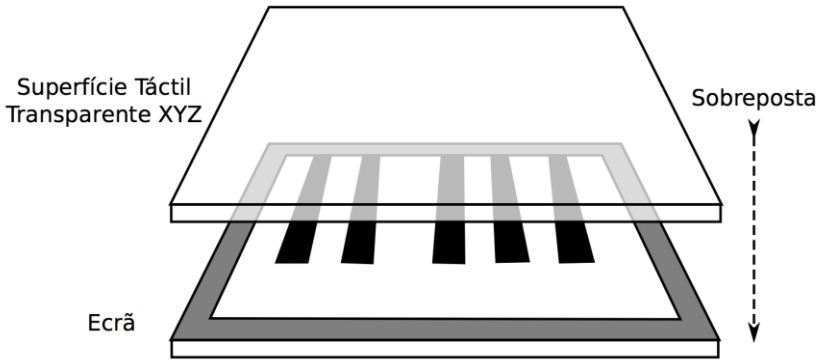


Figura 12. Conceptualização instrumental do protótipo hectográfico.

A concretização (Figura 13) destinou-se a testar os pressupostos da tese, sendo doravante por *protótipo hectográfico*. O processo de desenvolvimento e informação detalhada da prototipagem e mapeamento encontram-se explanados no "Capítulo 5 - Implementação de Hardware" e "Capítulo 6 - Implementação de Software".

[53] E também deformável e elástica.

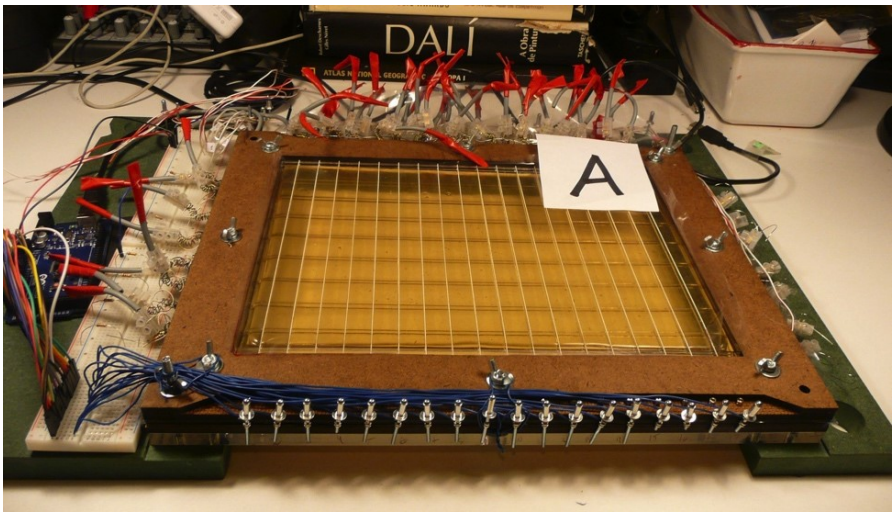


Figura 13. Protótipo hectográfico em 2015.02.03[54].

1.2.4.2. Ecrã com capacidade táctil posicional acoplado a medidor de pressão

Um segundo tipo de protótipo surgiu depois da finalização do anterior. Aproveitando a experiência adquirida, surgiu a ideia de avançar com outra abordagem. Neste caso o rastreamento posicional XY é feito pelo próprio ecrã, sendo a pressão (eixo Z) adquirida através uma célula de carga[55].

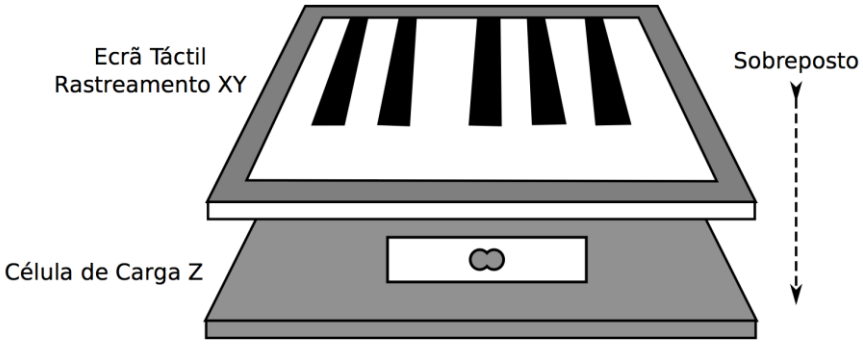


Figura 14. Conceptualização instrumental do protótipo tablet.

A concretização instrumental encontra-se ilustrada na Figura 15, sendo doravante denominado por *protótipo tablet*. O processo de desenvolvimento e informação

[54] Ano, mês, dia.

[55] Sensor utilizado, por exemplo, nas balanças de cozinha electrónicas.

detalhada da prototipagem e mapeamento encontram-se explanados no “Capítulo 5 - Implementação de Hardware” e “Capítulo 6 - Implementação de Software”.

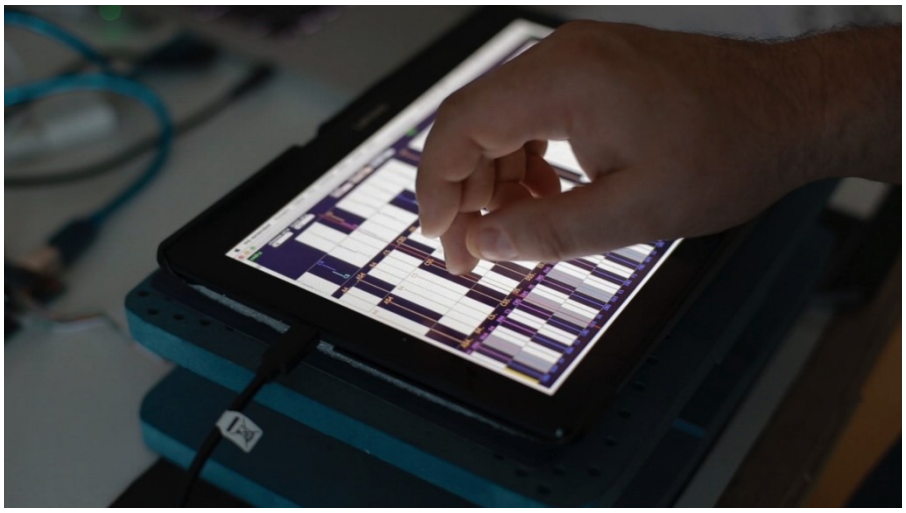


Figura 15. Protótipo tablet em 2017.04.17.

1.3. PRESSUPOSTOS DA TESE

O presente subcapítulo formula a hipótese geral de trabalho, define o âmbito de investigação, descreve o conceito instrumental geral a implementar e as principais especificidades conceptuais.

1.3.1. Hipótese de trabalho

> A conjunção de (1) representação visual flexível de elementos discretos com (2) a capacidade táctil de elementos contínuos gera (3) novas possibilidades de performance instrumental a nível de conjunção de elementos discretos e contínuos.

Para concretizar esta realidade – e baseado no conceito do *protótipo hectográfi*co –, uma superfície táctil e transparente vai ser sobreposta a um ecrã, responsável pela projecção de imagem mutável.

As imagens de ecrã proporcionam uma representação visual flexível de elementos discretos, como por exemplo o conceito de nota. Assim sendo, várias representações escalares, diferentes tamanhos de representação de tecla e diferentes disposições visuais podem ser representadas e alteradas a qualquer instante. O ecrã assegura a visualização da parametrização da superfície táctil e guia a acção performativa desses elementos.

A superfície táctil e transparente é responsável pela aquisição gestual através da medição contínua da pressão exercida na mesma. Esta sensibilidade táctil possibilita a manipulação de elementos contínuos como intensidade, timbre e micro-afinação.

A conjunção destas duas realidades permite colmatar a falta de sensibilidade à pressão e deformação dos dispositivos de interacção por ecrã, ao mesmo tempo que confere capacidade de representação visual aos dispositivos de aquisição táctil.

A segunda solução apresentada, o *protótipo tablet*, rege-se pelos mesmos princípios, excepto a falta de retorno táctil proporcionado pela deformação da superfície de aquisição gestual. De notar que, apesar da mais-valia, a deformação da superfície é um aspecto colateral à hipótese formulada. As vantagens e desvantagens de ambos os protótipos serão desenvolvidas na secção "5.5.2 - Comparação do protótipo 4 e protótipo 5".

Tendo em conta que a associação destas características não existia no domínio instrumental em 2010, esta investigação preconiza, desta maneira, novas possibilidades instrumentais. A especificação das mesmas será concretizada de forma pormenorizada no "Capítulo 4 - Problemática e Metodologia".

1.3.2. Conceito instrumental geral

Fazendo uma súmula, esta investigação propõe a criação de uma nova realidade instrumental resultante de uma conjunção de elementos discretos e contínuos. Para isso aposta em dois grandes grupos de conceitos: visual e táctil.

- A **visualidade** do conceito é concretizada através da flexibilidade visual dos dispositivos com incorporação de ecrãs, destinados a exibir de forma flexível elementos discretos, justificados pelas possibilidades escalares previstas na teoria musical.
- A **tactilidade** do conceito é concretizada através da pressão exercida sobre uma superfície táctil e transparente sobreposta à imagem, destinada a manipular elementos contínuos, justificada pela prática musical.

Convém frisar que o centro desta investigação é precisamente o resultado desta associação dual, conforme o esquematizado na Figura 16. A novidade resulta da junção instrumentalmente coerente de aspectos consolidados de forma separada.

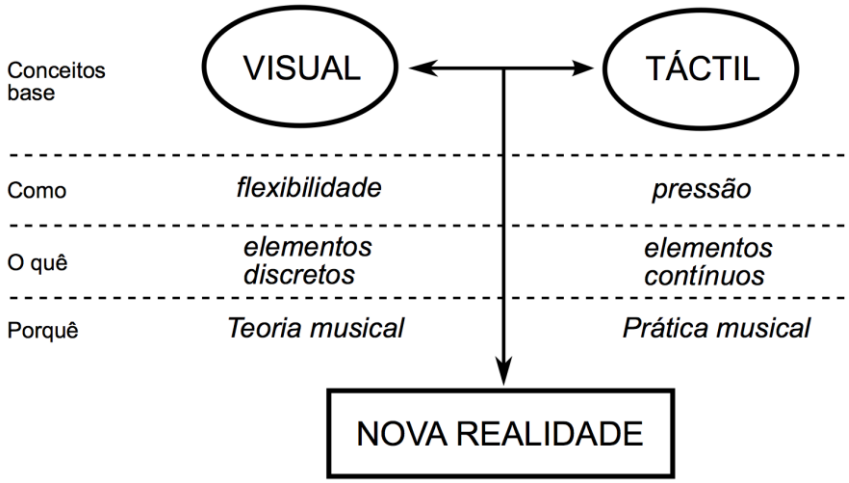


Figura 16. Esquema Conceptual da Investigação.

De modo a delimitar o âmbito do conceito instrumental, será utilizada como paradigma visual a representação de teclado. A sua parametrização visual flexível e configurável permite clarificar a natureza dos elementos sonoros e musicais, ao mesmo tempo que favorece o aproveitamento coerente de uma técnica performativa convencional, intuitiva e estandardizada.

Há, contudo, a possibilidade de desenvolvimento de aplicações instrumentais e visuais de outra índole, como será apresentada no Capítulo 8 -Aplicações Complementares.

1.3.3. Conjugação de conceitos

São vários os conceitos implicados nesta investigação, sendo precisamente a sua conjugação o aspecto mais inovador. As várias conjugações são feitas da seguinte maneira:

a) Parâmetros discretos e contínuos.

- Parâmetros visuais discretos a nível de altura, ou seja, representação da nota escalar;
- Parâmetros sonoros contínuos a nível de intensidade, timbre e micro-afinação.

b) Representação visual flexível e pressão.

- A representação visual em ecrã de elementos discretos a nível escalar. Graças à projecção luminosa desses elementos através de ecrã, é possível gerar, em teoria, configurações visuais ilimitadas.

- A pressão[56] é um elemento fundamental aos aspectos contínuos já que transmite a acção gestual contínua do instrumentista ao dispositivo instrumental. Parâmetros contínuos de intensidade, timbre e micro-afinação serão manipulados por esta via.

c) Teoria e prática musical

- A teoria musical é, nesta investigação, fonte justificativa na implementação de divisões escalares discretas convencionais e não convencionais. Para além da divisão da oitava em 12 partes iguais, outros sistemas escalares vão ser contemplados:
    - Escala diatónica de *dó maior* e todas as suas 11 transposições tonais[57];
    - Divisão da oitava em 24 partes iguais (1/4 de tom);
    - Escala hexatónica ou divisão da oitava em 6 partes iguais (tons inteiros);
    - Escala pentatónica (*dó-ré-mi-sol-lá*) com diferentes tónicas[58] e 11 transposições cromáticas;
    - Divisão da oitava em 19 partes iguais, com tónicas de *dó* e *lá*;
    - Escala *Bohlen-Pierce* (*tritava*), com tónicas de *dó* e *lá* e referências visuais de afinações temperada e justa;
    - Os modos[59] de cada um dos graus da escala diatónica e as respectivas 11 transposições cromáticas.
- A aprendizagem instrumental pode ser longa e complexa. Sejam elementos discretos ou contínuos, a transposição da prática instrumental prévia para novos dispositivos instrumentais é um elemento que vai ser tomado em conta[60].
    - Acresce que, dentro de uma visão melódica particular[61], os elementos contínuos proporcionam subtilezas expressivas apreciáveis;

---

[56] Entendida como a força aplicada a determinada matéria física e susceptível de ter variações contínuas ao longo de um determinado intervalo temporal.

[57] dó#/réb, ré, ré#/mib, mi, fá, fá#/solb, sol, sol#/láb, lá, lá#/sib, si.

[58] {ré-mi-sol-lá-dó},{mi-sol-lá-dó-ré}, {mi-sol-lá-dó-ré}, {sol-lá-dó-ré-mi} e {lá-dó-ré-mi-sol}.

[59] Modo de ré ou dórico, modo de mi ou frígio, modo de fá ou lídio, modo de sol ou mixolídio, modo de lá ou eólio, e modo de si ou lócrio. O modo de dó ou jónio é equivalente à escala diatónica de dó maior, tratada em separado.

[60] Logicamente não existe uma relação de causa-efeito garantida, mas abrir novas possibilidades instrumentais é um elemento a ter em conta na prática musical.

- Acresce ainda que a configuração gráfica da divisão da oitava presente nos teclados é, na sociedade ocidental, uma das mais universais, constituindo um aspecto muito caro quer à teoria quer à prática musical.

1.3.4. Particularidades conceptuais

Listam-se algumas especificidades caras a este projecto, sejam capacidades ou singularidades instrumentais e conceptuais:

a) Capacidade de execução discreta do conceito de "nota musical" (altura sonora);

b) Capacidade de execução contínua e variável de parâmetros como intensidade, timbre e micro-afinação;

c) Capacidade de representação visual flexível dos elementos adstritos ao conceito de "nota musical";

d) Capacidade adicional de execução contínua de altura sonora (*vibrato* e *glissando*);

e) Execução conjunta dos elementos discretos e contínuos atrás descritos;

f) Conceito de *mãos livres*, ou seja, execução exclusivamente digitada[62] na superfície de aquisição gestual, sem qualquer tipo de recursos adicionais na pele do executante (luvas, canetas, substâncias químicas), sejam eles tangíveis ou intangíveis;

g) Disposição horizontal e plana da superfície de aquisição gestual;

h) O retorno (*feedback*[63]) táctil proveniente da própria deformação da superfície de aquisição gestual (*protótipo hectográfico*);

i) Os dispositivos de visualização cingem-se a ecrãs, não contemplando dispositivos de visualização auxiliares (visão computacional, óculos imersivos, outras projecções luminosas).

---

[61] Nomeadamente o conceito melódico de diversos estilos e épocas musicais como o romantismo, impressionismo e expressionismo. Esta investigação não preconiza nenhuma estética musical em particular, apenas se serve de exemplos históricos para referenciar conceitos musicais.

[62] Feita exclusivamente com os dedos.

[63] "Retorno", "resposta", "informação" ou até "sensação". O termo inglês já se encontra assimilado na língua portuguesa.

Em suma, esta investigação preconiza que é possível, utilizando apenas os dedos, pressionar uma superfície de aquisição gestual visualmente configurável para obter uma altura discreta (ou contínua, de forma complementar) com variação contínua de intensidade, timbre e micro-afinação, sem necessidade de recursos instrumentais descentralizados[64] ou corporais auxiliares, sejam eles tangíveis ou intangíveis.

1.3.5. Limitações conceptuais

Listam-se algumas limitações da implementação instrumental, sejam de ordem técnica ou conceptual:

a) Vão ser utilizados apenas três parâmetros sonoros operacionais: (1) **altura**, (2) **intensidade**, (3) **timbre;** aos quais se juntam **micro-variações** dos mesmos (com destaque para a altura, podendo surgir diversas associações entre os parâmetros operacionais);

b) A representação gráfica do teclado restringe-se à delimitação da altura dos sons, sendo facultativa a inclusão de outras qualidades instrumentais associadas aos mesmos;

c) A síntese sonora não é o foco da investigação, sendo apenas abordada e usada o estritamente necessário;

d) O conceito de timbre é limitado à existência de ondas sinusoidais, quadradas e dente de serra;

e) Em termos instrumentais não está previsto qualquer tipo de mecanismo ou sistema conducente à obtenção de sequenciação e automatismos discretos ou contínuos, excepto os estritamente necessários para a concretização do conceito instrumental, nomeadamente a nível de mapeamento;

f) Os dispositivos apresentados são utilizados de forma análoga aos instrumentos acústicos, onde o resultado sonoro é transparente em relação à acção exercida, seguindo o paradigma de "um gesto para um evento sonoro"[65] (Wessel & Wright, 2001, 2002);

g) Os dispositivos apresentados são imóveis e, como tal, não apresentam disponibilidades de interacção próprias dos seus congéneres móveis: rotação e movimentação do próprio dispositivo e todos os aspectos moldáveis com

[64] Outros diferentes de um único ponto de contacto.

[65] Do inglês "one gesture to one acoustic event".

espaço envolvente (posicionamento, orientação, proximidade, entre outros aspectos).

h) Em relação à teoria musical, o ponto de vista é, apenas, a inclusão de diferentes escalas e temperamentos[66]. Há que ter a consideração que os sistemas escalares, afinações e temperamentos são de grande extensão e complexidade, sendo o seu tratamento o estritamente necessário para a implementação. De notar que, a partir do momento em que a flexibilidade visual permite representar qualquer escala discreta, o levantamento de todas as possibilidades teóricas seria outro trabalho à parte.

1.3.6. Dúvidas conceptuais

Antecipando algumas dúvidas conceptuais, várias questões vão ser levantadas e resumidamente respondidas.

Porquê a representação de um teclado?

Em primeiro lugar, por ser um tipo de disposição gráfica abrangente e conceptualmente clara. Em segundo, por ser genericamente uma superfície plana[67], sendo, num certo sentido, confluente com a horizontalidade dos ecrãs. Por fim, a sua disposição ortogonal favorece a construção de matrizes na construção de *hardware*. Este último facto é relevante quando as entradas de aquisição posicional XY são limitadas, como no caso do *protótipo hectográfico* (18X por 8Y).

É um teclado?

Sim e não. O teclado é uma metáfora que, por determinadas características e opções conceptuais, se encaixa nesta investigação. Respondendo directamente: é uma representação visual de um teclado. Sendo assim, duas interpretações ambivalentes se podem retirar:

(1) É um teclado, uma vez que o conceito de representação visual e escalar, bem como alguns aspectos de técnica instrumental, se assemelham, *grosso modo*, a este tipo de interacção instrumental.

---

[66] Em termos conceptuais, dentro do âmbito de teclados microtonais, Keisler refere que "a flexibilidade de afinação proporcionada pela tecnologia dos computadores sugere o uso de novos dispositivos optimizados para a tocar escalas arbitrárias" (1986, p. 83).

[67] Pode haver teclas mais salientes que outras, mas é possível traçar um plano geral horizontal.

(2) Não é um teclado, mas sim uma superfície táctil sensorialmente contínua com representação visual flexível de teclado. A representação de teclado é uma opção, podendo ser representadas outras.

Discrição contínua ou continuidade discreta?

Esse tipo de entendimento está interligado com a pergunta anterior: (1) discrição contínua, no caso de ser entendida como um dispositivo discreto com capacidades contínuas; (2) ou uma continuidade discreta, no caso de ser entendida como um dispositivo contínuo com capacidades discretas.

Contudo, devem ser tidos em conta outros aspectos. Em primeiro lugar, há vários graus discrição e continuidade, ou seja, dentro de elementos contínuos ou discretos podem existir diferentes grandezas. Dando dois exemplos: a execução sem interrupções do serrote musical apenas gera alturas contínuas, qualquer que seja a sua tessitura; enquanto o violino permite[68] a execução de notas discretas intermédias, nomeadamente em cordas soltas. Além disso, existem diversas combinações de discrição-continuidade. Dando dois exemplos: nas alturas discretas executadas pelo clarinete e pela guitarra, o primeiro permite a execução de intensidades contínuas (após ataque sonoro) e o segundo intensidades discretas (circunscritas ao ataque sonoro). Este tipo de situações vai ser desenvolvida no subcapítulo "2.4 – Discreto vs. Continuum".

Em segundo lugar, é necessário considerar o domínio da discrição-continuidade: sonoro, táctil e visual. Se nos domínios sonoro e táctil esta investigação preconiza a dualidade de elementos discretos e contínuos, a nível visual – pela sua natureza – o domínio será predominantemente discreto (linhas, áreas, preenchimentos, letras e algarismos).

Por último, há que considerar a magnitude das coisas. Numa microescala, tudo o que é digital passa, em determinado momento, pelo processamento de números, sendo por isso dados discretos, pese embora a sua concretização sonora seja perceptualmente contínua. Do outro lado da escala, há que ter em conta a globalidade das coisas, ou seja, o mesmo parâmetro pode ser percepcionado de uma forma quando isolado; e percepcionado de outra quando sobreposto a outros ou fazendo parte de uma sequência[69]. Este tipo de apreciação será enquadrado ao longo da tese.

---

[68] Ou obriga, conforme o ponto de vista e o contexto.

[69] Um dos campos de estudo da psico-acústica e da percepção sonora e musical.

É realmente transparente?

No *protótipo hectográfico* o material utilizado é, *grosso modo*, transparente. Mas o epíteto mais adequado é translúcido, com tonalidade amarelada. Há também uma pequena percentagem de material opaco, constituído por fios metálicos. O *protótipo tablet* é realmente transparente, estando a luminosidade apenas limitada à própria luminosidade do ecrã.

1.4. ESTADO ACTUAL

O campo dos novos Instrumentos Musicais Electrónicos (IME) é vasto, diversificado e portador de características muito próprias que serão desenvolvidas no "Capítulo 3 - Estado da Arte". A sua comunidade é constituída por actores muito diversificados: músicos, instrumentistas, compositores, engenheiros vários, *designers*, programadores, entre outros. Em termos gerais, pode ser caracterizado da seguinte maneira:

a) Vasto e complexo. São várias as áreas presentes, tais como os elementos associados aos instrumentos electrónicos: arquitectura electrónica, aquisição gestual, síntese sonora, mapeamento, prática musical, bem como o contexto social e artístico.

b) Conceptualmente diversificado. São muitas as perspectivas presentes neste campo, quer como resultado da vastidão e complexidade anteriormente apontadas, quer pela dificuldade em definir o próprio conceito de música, dispositivo instrumental e prática instrumental. Esta diversidade pode ser um indicador da vitalidade da área embora, para o observador externo, possa significar falta de unidade conceptual. Contudo, deve ser notado que a maneira como uma "ferramenta artística" é entendida e avaliada difere, em muito, de outros campos mais utilitários.

c) Tecnologicamente efémero e mutável. A tecnologia tem grande impacto, seja pelo surgimento de novas capacidades tecnológicas, seja pela massificação de dispositivos outrora pouco acessíveis. Contudo, nesta evolução constante, nem todos os dispositivos instrumentais adquirem uma maturação estável e, ainda menos, uma utilização duradoura e generalizada.

d) Evolucionariamente ambivalente. Em termos de desenvolvimento geral, podem ser observados dois pólos de evolução, que tanto podem surgir separados como misturados:

i) Desenvolvimento, mimetização, extensão e virtualização de conceitos instrumentais **consolidados**;

ii) Surgimento de **novos** paradigmas instrumentais.

Sobre esta ambivalência, existem duas abordagens principais: (1) aquelas que vêem a revolução electrónica como a expansão da tradição musical; (2) aquelas que

vêem a revolução electrónica como um novo mundo, como um meio cuja essência deve estar ligada a uma nova atitude.

Sobre o parágrafo anterior, há que entendê-lo como uma simplificação grosseira, apenas admissível para ilustrar dois pólos opostos. Este diferendo vai ser recorrentemente abordado ao longo da tese, nomeadamente quando seja necessário distinguir "meio"[70] de "atitude"[71].

Esta investigação situa-se entre estes dois pólos. Num primeiro entendimento, assenta em aspectos bastante conservadores: aproveita a representação virtualizada e mimética de aspectos consolidados no âmbito de uma performance instrumental convencional. Nesse aspecto, aproveita a crescente utilização de dispositivos de ecrã, dotando-os de capacidades tácteis ampliadas. As ambições estéticas estão relegadas para segundo plano, até pela necessidade de clareza de implementação. Por outro lado, esta investigação defende a implementação alcançada como um ponto de passagem para novas abordagens instrumentais, como as apresentadas no "Capítulo 8 - Aplicações Complementares".

Para finalizar, e como será referido posteriormente, os primeiros instrumentos electrónicos não estiveram ligados a nenhuma corrente estética vanguardista. Mas foi com eles, com a sua tecnologia, que a música evoluiu de forma irreversível.

1.5. INSTRUMENTOS INSPIRADORES

Os instrumentos inspiradores ou com características relevantes para esta investigação, seja no seu todo ou em parte, serão objecto de revisão no "Capítulo 3 - Estado da Arte". Convém, para já, destacar cinco grupos deste dispositivos.

1. Instrumentos acústicos com capacidade melódica contínua

Incluem-se neste grupo a família do violino, o trombone de varas e o serrote musical, pela maneira como conjugam os elementos contínuos caros a esta investigação. A voz humana, considerada nesta investigação como instrumento musical e modelo expressivo, inclui-se também neste grupo.

2. Instrumentos electrónicos históricos específicos

Neste grupo encontram-se instrumentos históricos portadores de capacidades melódicas de algum modo análogas ao grupo anterior ou parcialmente condicentes com o conceito

[70] Recurso, tecnologia e instrumento.

[71] Estética, conceito e estilo.

proposto pela investigação. Neste grupo encontram-se o *Theremin*, as *Ondes Martenot,* a *Electronic Sackbut*, o *Trautonium* e o *Mixtur-trautonium*.

3. Controladores e interfaces de teclas e afins

Dispositivos instrumentais de aquisição gestual baseados em teclados, botões e outras superfícies com peças móveis. Seja pelo desenho do teclado, pela configuração visual, pelas escalas representadas, serão objecto de análise nos subcapítulos "*3.1* – Corpus Instrumental*"* e *"3.2.* – Teclado: uma Taxinomia*"*.

4. Dispositivos com incorporação de ecrã com disposição escalar discreta

Incluem-se os dispositivos instrumentais portadores do conceito de flexibilidade visual. Neste grupo incluem-se dispositivos instrumentais com projecção de imagem em ecrã. A análise será feita na secção "3.1.3 - Superfícies tangíveis visualmente projectadas e ecrãs*"*.

5. Instrumentos ou controladores planos com expressão 3D

Aqui situa-se o grupo de instrumentos próximos do conceito instrumental proposto por esta investigação. Embora diferentes entre si em variados aspectos, todos eles se incluem no conceito de expressão em três dimensões espaciais (3D), ou seja, é possível manipular no mesmo ponto[72] a altura discreta ou contínua e micro-afinação (eixo X), o timbre de forma contínua (eixo Y) e a dinâmica de forma contínua (eixo Z), tal como se encontra esquematizado na Figura 17. Neste grupo incluem-se o *Continuum Fingerboard*, o *Seaboard*, o *LinnStrument*, o *TouchKeys,* o *Soundplane,* o *K-Board Pro 4* e o *Joué.*

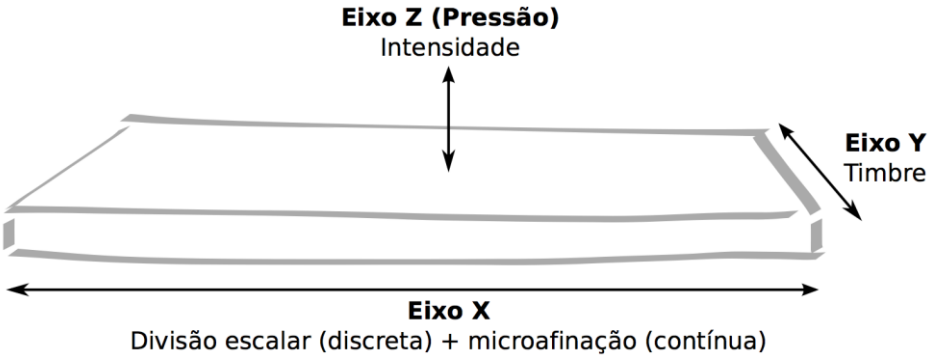


Figura 17. Esquema dos eixos X, Y e Z dos controladores com capacidade de expressão 3D

[72] Ou conjunto de pontos de uma área bem delimitada.

Em termos de *hardware*, tal como foi referido, o aparecimento da tecnologia *3D Touch* em vários dispositivos com ecrã da *Apple* proporciona, teoricamente, condições técnicas para implementar de forma integrada e industrial o conceito instrumental proposto por esta investigação. Ficou por avaliar até que ponto a sua sensibilidade a diferentes níveis de pressão e respectivo tempo de resposta seria condicente com a manipulação sonora dos elementos contínuos defendidos pela investigação. Contudo, tal como referido anteriormente, a investigação seguiu uma outra via, por questões de dimensionamento e deformação da superfície de aquisição gestual, de acessibilidade de *hardware* e opções de *software* (programação *Pure Data*).

1.6. OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO

São vários os tipos de objectivos tratados na presente investigação. Tendo em conta que ela engloba aspectos teóricos (contextualização teórica e estado da arte) e práticos (implementação de protótipo), estes podem ser organizados da seguinte maneira:

a) Conceptuais

- Reflectir sobre os conceitos base que estão relacionados com a utilização lexical da área (instrumento musical, parâmetros sonoros/musicais, continuidade-discrição);
- Reflectir sobre as implicações da representação visual através de ecrã, relacionando-as com o conceito de representação de teclado;
- Reflectir sobre o tacto e o papel da pressão na aquisição gestual.
- Desenvolver a aplicação de vários modelos de divisão escalar não contemplados na divisão discreta da oitava em 12 partes.

b) Performativos

- Desenvolver uma proposta instrumental que permita obter novas capacidades expressivas e musicais;
- Possibilitar a transferência da técnica instrumental associada a instrumentos de teclas para uma nova realidade performativa.

c) Pedagógicos

- Usufruir de uma ferramenta concretizadora de aspectos escalares contemplados na teoria musical.

1.7. PRINCIPAIS DESAFIOS

Elencar os principais desafios da investigação é uma tarefa subjectiva, marcada pelo ponto de vista pessoal. Abstraindo este aspecto, poder-se-á afirmar que os principais desafios podem ser descritos da seguinte maneira:

- Juntar de maneira inovadora aspectos discretos e contínuos consolidados de forma separada;
- Desenvolver prototipagem instrumental conciliadora da representação visual flexível com aquisição de pressão gestual;
- Desenvolver uma aplicação de *software* completa, coerente e de utilização intuitiva, capaz de configurar os parâmetros visuais e tácteis do *hardware* desenvolvido.

1.8. CONTEXTUALIZAÇÃO INSTRUMENTAL

O desenho de uma investigação na área dos instrumentos musicais, sendo uma temática tão vasta e interligada com diversas áreas, reflecte um ponto de vista e uma linha condutora permeáveis a pontos de vista subjectivos. Quanto mais não seja, os próprios conceitos de música e instrumento musical são aspectos culturais, como será abordado no subcapítulo "2.1 – Instrumento Musical".

Assim sendo, e fazendo um compromisso entre especialização de análise e contextualização global, esta investigação assume algumas características próprias:

a) Dispositivo-centrada. Num instrumento musical estão cristalizados aspectos musicais, sociais, históricos, performativos e tecnológicos. Cada um destes aspectos inclui ainda outros mais especializados. É na órbita dos dispositivos instrumentais em si mesmos que estes aspectos serão integrados, ou seja, numa linha condutora dispositivo-centrada. É certo que este ponto de vista é parcial, mas é aplicado por uma questão de clareza e âmbito instrumental. Um exemplo desta realidade pode ser inferido da seguinte frase: aquilo que um dispositivo instrumental adquire não é necessariamente aquilo que o instrumentista exerce. Neste caso, estão indicadas duas realidades interligadas, embora com pontos de vista e implicações diferenciadas.

b) Modelo instrumental acústico. Apesar desta investigação pertencer ao campo dos instrumentos electrónicos, o referencial acústico estará presente nas situações mais conceptuais. As razões principais são duas: (1) pela estabilidade conceptual dos instrumentos acústicos; (2) pelo termo de comparação analítico. A prática musical instrumental acompanha o ser humano há milhares de anos, e se há aspectos próprios na extraordinária evolução instrumental das últimas décadas, o conceito de instrumento musical e de aspectos relacionados estão fortemente ancorados nesta tradição.

Complementarmente, o termo de comparação com o passado surge amiúde – e por vezes de forma incontornável – quando são operadas mudanças e evoluções no campo instrumental. A comparação é, frequentemente, a melhor forma de compreender esses mesmos processos. Seja por oposição ou concordância, seja por analogia ou por metáfora, a compreensão de aspectos exclusivos dos instrumentos electrónicos é valorizada quando enquadrada num contexto instrumental mais abrangente.

c) Interdisciplinar. Esta investigação centra-se precisamente na combinação de vários aspectos, ou seja, múltiplas variáveis. Como tal, é frequente a necessidade de explicação sumária de conceitos, sendo posteriormente desenvolvidos em subcapítulos dedicados.

1.9. ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO RELACIONADAS

A grande área de investigação relaciona-se com o universo dos instrumentos musicais electrónicos, digitais e virtuais. Sendo assim, e pegando na terminologia de Jordà (2004c, 2005a), "Digital Lutherie" é um termo que encarna na perfeição o espírito desta investigação.

As conferências internacionais *New Interfaces for Musical Expression*[73] (NIME) são palco privilegiado dos avanços científicos e artísticos das novidades instrumentais. A importância destas conferências leva a que o seu acrónimo seja comummente utilizado como qualificativo instrumental, aquele que melhor expressa o campo das novidades instrumentais. Delimitando mais, existem dois subcampos do NIME que suscitam especial interesse: os instrumentos dotados de superfície tangível[74] e os instrumentos e aplicações musicais com incorporação de ecrã.

Dada a abordagem holística, esta investigação percorre diversas áreas, embora o fio condutor seja o conceito instrumental geral, podendo haver diferentes aprofundamentos nas mesmas. Aplicando a máxima de Cook, "a construção de *interfaces* musicais prossegue mais como arte do que ciência, e possivelmente é a única via que pode ser feita" (2001, p. 6).

O parágrafo anterior não iliba uma reflexão rigorosa sobre aquilo que poderá rodear uma determinada visão instrumental. Assim, áreas como o próprio conceito de instrumentalidade, interacção humano-computador, mapeamento, síntese sonora, gestualidade e performance instrumental, estarão também envolvidas nesta investigação.

---

[73] http://www.nime.org/

[74] Com especial destaque para superfícies planas.

1.10. APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

As aplicações estão na linha do que foi referido anteriormente, agrupando-se em dois grandes tópicos:

1. Incremento da tactilidade de sistemas visuais

Esta é, porventura, a principal contribuição desta investigação. Se os objectivos específicos são do domínio instrumental e sonoro, tudo o que é representado visualmente por ecrã pode, em teoria, beneficiar de uma tactilidade acrescida. A interacção[75] *contínua e multidimensional* XYZ (*cmXYZ*) numa superfície plana com visualidade flexível abre portas quer a novas aplicações quer ao acréscimo de valências de aplicações existentes. Por *contínua* entende-se temporalmente linear e ininterrupta, espelhando a temporalidade gestual da interacção. Por multidimensional entende-se a capacidade de conjunção de todos eixos em simultâneo. O "Capítulo 8 - Aplicações Complementares" apresenta uma série de exemplos de possíveis aplicações. A sua súmula conceptual pode apresentar as seguintes aplicações gerais:

- Acrescento genérico de pressão no eixo Z de sistemas tangíveis de ecrã;
- Manipulação *cmXYZ* de imagem estática;
- Manipulação *cmXYZ* de imagem movimento;
- Desenho e pintura *cmXYZ*;
- Manipulação *cmXYZ* de elementos sonoros e musicais;

2. Transposição de *expertise* instrumental

A prática musical é um assunto complexo e a aprendizagem de um instrumento musical pode ser extremamente demorada. Por isso, aproveitar a experiência instrumental é um factor de grande aplicabilidade.

Fica ressalvado que a visão contrária – e extremando as posições – também é válida, ou seja, novas atitudes e ruptura com o passado podem ser igualmente necessárias. Na verdade, o ecossistema musical contempla ambas as visões, sendo difícil imaginar a existência de apenas uma delas.

Mas a transposição de *expertise* instrumental não está apenas relacionada com uma transposição literal de algo que é feito noutro suporte. Aliás, essa transposição será sempre limitada às características do que se transpõe e para onde se transpõe. Esta investigação preconiza que o mais importante será a aplicação do conceito "se é plano e

[75] Apenas com os dedos, segundo o conceito de "mãos livres".

táctil e sendo visualmente configurável então essa realidade é instrumentalmente aproveitável", ou seja, tudo o que pode ser expresso visualmente numa superfície plana (de forma literal, estilizada ou esquemática), pode ser manipulado de forma *cmXYZ.* Está subjacente que tudo o que pode ser expresso pode corresponder a uma vontade ou à satisfação de uma necessidade do utilizador – dentro das disponibilidades oferecidas pelos meios.

Assim sendo, a transposição do *expertise* pode estender-se a outras áreas, muito diferentes da desenvolvida por esta investigação; às necessidades do desenhador, do projectista, do técnico de som, do *gamer*[76], do artista plástico, enfim, de tudo o que uma *máquina universal* com um terminal de ecrã com capacidades tácteis pode oferecer ao utilizador e este considere útil.

1.11. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

A avaliação de dispositivos de expressão artística está dependente do uso que lhes é dado. Nesse aspecto, partindo de um pressuposto conceptual, a concretização desta investigação responde ao objectivo de reunir determinadas características instrumentais, qualquer que seja a sua utilização artística futura. Segundo Tanaka "a *raison-d'être* de um instrumental musical, por outro lado, não é de todo utilitária. Não se destina a realizar uma única tarefa definida como é uma ferramenta" (Tanaka, 2000, p. 390). Isto significa que as aplicações de índole artística são de, algum modo, imprevisíveis e muito dependentes do uso e contexto criativo – quantas vezes pouco ortodoxo[77] –, que lhes for dado.

Abstraindo o atrás exposto, procurando a máxima objectividade possível, as principais contribuições estão relacionadas com os próprios objectivos iniciais da investigação, com os temas reflectidos, com os resultados obtidos e com trabalhos futuros, podendo ser resumidas aos seguintes tópicos:

- O principal contributo desta investigação advém da fusão da flexibilidade visual com tangibilidade táctil. Deste modo incrementa-se a capacidade de interacção *cmXYZ* aos dispositivos com ecrã;
- Acresce a manipulação tangível e contínua *cmXYZ* em imagem luminosa, exclusivamente feita com as mãos;

[76] Jargão inglês do jogador de videojogos e consolas.

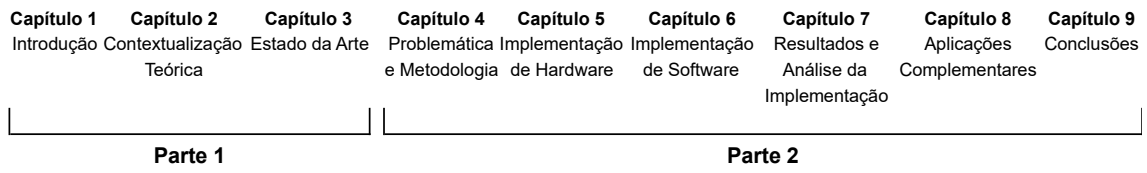
[77] Veja-se o caso do uso do gira-discos pelos *Disc Jockeys* e da distorção pela guitarra eléctrica em estilos musicais como o *rock*.

- Delimitando mais, preconiza-se o desenvolvimento de controladores de ecrã com representação de teclado com divisão intervalar livre e disposição visual configurável;
- Potenciam-se aplicações e dispositivos com representação visual onde a pressão contínua possa acrescentar vantagens, quaisquer que elas sejam;
- Propõe-se uma plataforma de aquisição da pressão contínua do eixo Z adaptável a todo o tipo de ecrãs, dado ser uma estrutura complementar (*protótipo tablet*).

1.12. ESTRUTURA DA TESE

A tese está estruturada em duas grandes partes, tal como esquematizada no Quadro 1:

- **Parte 1: investigação teórica.** A revisão teórica dos conceitos abordados e o estado da arte instrumental serão tratados, respectivamente, nos "Capítulo 2 - Contextualização Teórica" e "Capítulo 3 - Estado da Arte".
- **Parte 2: experimentação teórico-prática.** Implementação instrumental do conceito proposto. Esta parte terá uma metodologia específica, tratada no "Capítulo 4 - Problemática e Metodologia" e subsequentes, que passará pelos seguintes passos:
    - Questões prévias da implementação instrumental;
    - Desenvolvimento de protótipos e aplicações concretizadoras dos conceitos propostos;
    - Análise dos resultados alcançados;
    - Conclusões e trabalho futuro.



Quadro 1. Estrutura geral da tese.

1.12.1. Hierarquização de capítulos, subcapítulos, secções, subsecções e tópicos

A tese apresenta cinco níveis de estruturação hierárquica: **capítulos**, **subcapítulos**, **secções**, **subsecções** e **tópicos**, sendo o tamanho e âmbito adaptados à importância e extensão dos assuntos abordados.

Os **capítulos** abrangem unidades estruturais que dividem os tipos de temática abordada. De referir que a sua extensão e profundidade variam de acordo com as mesmas. Assim sendo, o "Capítulo 2 - Contextualização Teórica", o "Capítulo 3 - Estado da Arte" e o "Capítulo 6 - Implementação de Software" são os mais extensos e com maior âmbito de hierarquização conceptual.

O tamanho e profundidade dos **subcapítulos**[78]**, secções**[79] e **subsecções**[80] variam também com a importância e profundidade dos assuntos tratados. Algumas secções, devido à sua extensão e complexidade, poderiam, eventualmente, ser entendidas como subcapítulos.

Os **tópicos** são as unidades hierárquicas mais baixas e apresentam-se sem numeração. Correspondem – *grosso modo* – a itens, exemplificação de conceitos particulares e ideias; bem como elementos estruturadores de secções e subsecções mais extensas. Como norma, os **tópicos** apresentam-se como hierarquia contígua a uma **subsecção**. Contudo podem aparecer hierarquicamente contíguos a uma **secção** ou mesmo a um **subcapítulo**, facilitando a leitura e eliminando seccionamentos desnecessários. Os critérios serão sempre clareza de leitura e organização de ideias.

1.12.2. Notas sobre o estilo da tese

Escrita em português e utilização da língua estrangeira

A escrita desta investigação é feita com variante europeia da língua portuguesa vigente antes do Acordo Ortográfico de 1990. O estilo da escrita, sempre que possível, é o mais inclusivo possível, de modo a contextualizar as várias especialidades abordadas.

As citações alongadas são destacadas em formatação própria e transcritas na língua original dos textos de referência, sendo traduzidas para português pelo autor da tese e exibidas em nota de rodapé. O procedimento de manter a língua original justifica-se com o facto de haver situações conceptuais onde a observância do texto original manifesta elevada relevância. Este facto é especialmente significativo nos subcapítulos

[78] 1.1, 1.2, 1.3, etc.

[79] 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, etc.

[80] 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3, etc.

"2.1 – Instrumento Musical", "2.2 – Instrumento Acústico" e "2.3 – Instrumento Electrónico". No restantes capítulos e subcapítulos manteve-se este procedimento por uma questão de coerência de escrita.

No "Capítulo 6 - Implementação de Software", a nomenclatura da notação é feita em estilo anglo-saxónico, mantendo a coerência linguística com a escrita de código em *Pure Data*. Os objectos de programação são constituídos por inúmeros acrónimos, abreviaturas e palavras em língua inglesa, optando-se pela uniformidade linguística.

Ainda nas partes dedicadas à programação, existe uma conveniência visual pela notação anglo-saxónica, justificada pela supressão de acentos e abreviação de caracteres[81]. Este último caso proporciona mais conforto visual na informação exibida no protótipo, onde o espaço de visualização é deveras exíguo.

Profusão de imagens

Esta tese encontra-se profusamente ilustrada por duas razões fundamentais: (1) para melhor compreensão e identificação de dispositivos instrumentais, realce de detalhes e apresentação de exemplares instrumentais pouco comuns; (2) pela necessidade de mostrar configurações visuais e representações escalares dificilmente explicáveis apenas pela escrita. Sejam meramente auxiliares ou elementos nucleares da tese, as imagens serão utilizadas com o propósito de agilizar a leitura e clarificar a escrita.

A autoria ou fonte de todas as fotografias, ilustrações e esquemas encontra-se referenciada em notas de rodapé, excepto os originais feitos pelo autor desta investigação.

A utilização de imagens de outros autores é feita apenas com propósitos académicos, sendo o direito das mesmas pertencentes aos seus autores ou titulares das mesmas.

Vídeos por hiperligação e vídeos anexos

Os vídeos por hiperligação são todos aqueles que podem ser acedidos pelo endereço indicado em nota de rodapé. Pelo facto de serem exemplos ilustrativos de fenómenos, objectos ou acções com elevada difusão, a desactivação do endereço electrónico não coloca em perigo o acesso a outros vídeos similares, de acordo com as indicações ou análises incluídas nos textos conexos.

Os vídeos anexos são aqueles que obedecem a um dos seguintes critérios:

- Não se encontram disponíveis por hiperligação, como os vídeos capturados por esta tese e outros entretanto desactivados;

[81] O nome das notas musicais em inglês é constituídas por letras isoladas e sem acentos.

- Vídeos com pouca difusão em linha e que a desactivação do endereço compromete o visionamento de situações similares;
- Vídeos com muita difusão em linha mas, por alguma razão, terem alguma particularidade que não se encontra nos seus similares.

Capítulo 2 - Contextualização Teórica

Este capítulo reflecte sobre os principais conceitos teóricos subjacentes a esta investigação. Será definido o âmbito do conceito de **instrumento musical**, bem como a sua caracterização nos universos **acústico** e **electrónico**[82].

Posteriormente serão reflectidos os conceitos mais específicos e singulares a esta investigação: **discrição-continuidade** e **tactilidade.**

[82] Electrónico por oposição ao paradigma acústico.

2.1. INSTRUMENTO MUSICAL

Este subcapítulo é um convite à reflexão do significado conceptual de instrumento musical. É também um ensaio sobre os principais fundamentos que levam algo a ser denominado de *instrumento musical*, qualquer que ele seja, qualquer que seja a sua circunstância. Este subcapítulo é dedicado à depuração das circunstâncias mais primordiais e universais da *instrumentalidade* musical, o que é que um instrumento não pode deixar de ter ou fazer, em suma, qual a alquimia que transforma algo num instrumento musical.

2.1.1. Justificação conceptual

A necessidade de reflexão conceptual deriva da enorme extensão e variedade de emprego terminológico de "instrumento musical". Este panorama é acentuado no seio dos instrumentos musicais electrónicos (IME), cujo contexto inclui novas perspectivas instrumentais e aplicações musicais bastante alargadas e diferenciadas. Como resultado, proliferam diferentes terminologias sobre o mesmo conceito e, inversamente, diferentes conceitos para a mesma terminologia.

Na árdua tarefa de investigação sobre o que poderá ser um instrumento com critérios unificados, abarcando a multiplicidade de conceitos e artefactos do domínio instrumental, Jordà (2004c, p. 330) reconhece que, apesar de ser uma árdua tarefa, é um trabalho frutuoso e clarificador.

Esta investigação preconiza que a tentativa de unidade de critérios deverá passar por uma análise e depuração conceptual virada para a sua essência. Para além de tentar perceber o que um instrumento musical poderá ser, acresce a tentativa de perceber o que não pode deixar de ser ou, mais especificamente, o que não pode deixar de ter.

Assim sendo, esta investigação procura, mais do que uma definição estática e fragmentada de instrumento musical, uma depuração das condições mais básicas e universais da instrumentalidade musical, de modo a abarcar o máximo de situações conceptuais, sejam elas acústicas ou electrónicas.

2.1.2. *Instrumentofone* e *musicofone*

A designação "instrumento musical" é constituída por dois termos que a língua teima em separar. A presente reflexão começa precisamente com um desafio terminológico: seria possível aglutinar a designação "instrumento musical" em apenas uma única palavra? Um sinónimo ou expressão homóloga contida num único vocábulo?

No ramo das línguas germânicas existem vários exemplos de aglutinação dos dois termos, embora seja evidente que são palavras compostas, onde os termos constituintes funcionam igualmente como palavras separadas. Fazendo um pequeno apanhado, encontram-se os seguintes termos: musikinstrument (alemão, sueco e dinamarquês); *muziekinstrument* (neerlandês); *musikkinstrument* (norueguês). O estónio, apesar de não pertencer ao grupo linguístico anterior, apresenta a mesma disposição: *muusikainstrument*.

Seria deveras interessante fazer uma recolha exaustiva das designações de "instrumento musical" nas diversas línguas do planeta, nomeadamente qual o significado atribuído, a composição terminológica, os diversos termos associados (música, musical, instrumento, ferramenta, órgão, meio, equipamento). Na língua grega, por exemplo, instrumento musical designa-se por *mousikó órgano*, sendo *ergaleío* a palavra genérica de "ferramenta".

Na língua eslovena, por exemplo, "instrumento musical" designa-se por *glasbilo*, exactamente a mesma palavra que "musical". Neste caso a designação está estreitamente relacionada com música, ou seja, com *glasba*. Já a palavra que designa genericamente instrumento e ferramenta designa-se por *orodje* ou *orodja*. Convém dizer que *glas* significa voz, pelo que traduções literais devem ser feitas com extremo cuidado e devidamente contextualizadas.

Voltando ao desafio inicial, a língua turca apresenta uma designação única e específica, designando "instrumento musical" por *çalgı*. Neste caso, a palavra *çalgı* tem o significado específico de "ferramenta de música" (*müzik aleti*), não estando etimologicamente ligada a música (*müzik*), musical (*müzikal*) ou músico (müzisyen); nem a palavras associadas a instrumento (órgão, meio, equipamento, ferramenta)[83].

Voltando ao português, o exercício de criar uma palavra única aglutinadora poderia criar, pondo a tónica na palavra instrumento, o termo *instrumentofone*, com o significado de "o instrumento que produz som". Há aqui, contudo, algo por concretizar. O sufixo *fone* remete primariamente para sonoro, que não significa forçosamente musical. Sendo assim, poder-se-ia admitir a existência de *instrumentofones musicais* (concretizadores de sons em contexto musical) e *instrumentofones genéricos* (concretizadores de sons gerais). Em suma, na palavra *instrumentofone*, falta o epíteto musical para uma união terminológica plena.

---

[83] Nas traduções foram utilizados diversos dicionários e tradutores em linha com cruzamento de termos e significados. Foi feita pesquisa bidireccional, ou seja, "português – língua estrangeira" e "língua estrangeira – português". Foram também apurados os diversos significados e traduções com pesquisa de imagens associadas (exemplo: google > Images > *musikinstrument, çalgı, glasba, aleti,* etc...).

Talvez a palavra *musicofone* fosse mais adequada na fusão de "instrumento" e "musical". Significaria "aquilo que dá som à música", ou até "aquilo que dá som ao músico". Esta palavra seria adequada não fosse a grande revolução tecnológica operada pela gravação e reprodução sonoras. Qualquer reprodutor sonoro – como um rádio ou um leitor de discos – pode dar voz à música não sendo, *a priori*, considerado instrumento musical. Não deixa de ser curioso que, em contexto acústico, os instrumentos musicais poderiam ser designados desta forma, uma vez que não contemplam a capacidade de gravação e retransmissão sonoras.

Recapitulando as duas terminologias anteriores e procurando uma união terminológica mais focada no dispositivo instrumental, esta poderia ser *instrumentofone*, embora padeça de especificação musical, podendo ser interpretada com ou sem contexto musical. Procurando-se uma união mais focada em dar voz à música, esta poderia ser *musicofone*, embora por questões tecnológicas possa adquirir diferentes significados, conforme o contexto acústico ou electrónico.

Fica pois a reflexão em aberto e, dentro da língua portuguesa, a melhor maneira para designar genericamente algo de "instrumento musical" é precisamente essa mesma expressão ou, mais sinteticamente e dentro de contexto próprio, simplesmente "instrumento".

2.1.3. Definições básicas de instrumento musical

No seguimento da secção anterior, fica a ideia de que a adequação terminológica depende também do entendimento do que poderá ser um instrumento musical. Para tentar perceber essa situação, serão apresentadas algumas definições instrumentais de modo a estabelecer um ponto de partida conceptual. Fazendo um apanhado delas – e sem querer impor uma definição universal e definitiva –, poder-se-á afirmar que, em termos muito gerais, "um instrumento musical é um dispositivo sonoro destinado a concretizar música".

> Instrumentos musicais são todos os geradores de som que servem para concretizar ideias musicais e ordens musicais.[84] (Michels, 2003, p. 25)

> Instruments are the working tools for music; they are the practical devices by which the acoustic properties of nature are managed for the artistic purposes of music that begin with the player.[85] (Wade-Mattews, 2010, p. 12)

[84] Edição portuguesa.

[85] "Os instrumentos são as ferramentas de trabalho para a música: são os dispositivos práticos [concretos] pelo qual as propriedades acústicas da natureza são geridas [manipuladas] para propósitos artísticos musicais que começam com o instrumentista" (Wade-Mattews, 2010, p. 12).

> We will always be implicitly considering the wider concept of the instrument we have proposed: any device used to produce any music, transforming in real-time (i.e., by being played) the actions of one or more performers into sound events.[86] (Jordà, 2004c, p. 330)

> Musical instruments are used to play and to produce music, transforming the actions of one or more performers into sound.[87] (Jordà, 2004c, p. 321)

> Hornbostel (1933, p.129)[88] advised that 'for purposes of research everything must count as a musical instrument with which sound can be produced intentionally', and wrote of sound-producing instruments, or, for short, sound instruments.[89] (Wachsmann & Kartomi, 2001, p. 418)

> Any device used to create music.[90] ("instrument, OnMusic Dictionary," 2013)

> An instrument can be described as a physical object used by humans to enhance their communication and interaction skills with the rest of the world.[91] (Leonard, Castagné, Cadoz, & Florens, 2013, p. 1)

> Artefacto destinado a produzir sons musicais.[92/93] ("instrumento, Dicionário Priberam da Língua Portuguesa," 2013)

> Objecto destinado a produzir sons musicais.[94] (Costa & Melo, 1992, p. 948)

> Musical instrument is a device to translate human body motion to sound.[95] (Yamaguchi & Hashimoto, 2009, p. 542)

> From the beginning of human story, music has been developed as one form of expression. The media to do so is musical instruments, wich are used to transform

---

[86] "Estaremos sempre implicitamente considerando o conceito mais alargado de instrumento por nós proposto: qualquer dispositivo usado para produzir qualquer música, transformando em tempo-real (i. e., sendo tocado) as acções de um ou mais executantes em eventos sonoros" (Jordà, 2004c, p. 330).

[87] "Os instrumentos musicais são usados para tocar e produzir música, transformando as acções de um ou mais executantes em som" (Jordà, 2004c, p. 321).

[88] Hornbostel, E.M. von (1933). The Ethnology of African Sound-Instruments, Africa, vi (fonte indirecta).

[89] "Hornbostel preconiza que "para efeitos de pesquisa tudo o que possa produzir som de forma intencional deve ser tido em consideração como um [possível] instrumento musical", e sublinha instrumentos produtores de som, ou, resumidamente, instrumentos sonoros" (Wachsmann & Kartomi, 2001, p. 418).

[90] "Qualquer dispositivo destinado a criar música" ("instrument, OnMusic Dictionary," 2013).

[91] "Um instrumento pode ser descrito como um objecto físico usado por humanos para aumentar as suas capacidades de comunicação e interacção com o mundo envolvente" (Leonard, Castagné, Cadoz, & Florens, 2013, p. 1).

[92] https://www.priberam.pt/DLPO/instrumento

[93] Fonte em língua portuguesa.

[94] *Idem*.

[95] "[Um] instrumento musical é um dispositivo para traduzir o movimento do corpo humano em som" (Yamaguchi & Hashimoto, 2009, p. 542).

> the body movement into sound.[96] (Hartono, Asano, Inoue, & Hashimoto, 1994, p. 151)
>
> If we define the term *musical instrument* in the usual (though admittedly limited) way as "implements used to produce music, especially as distinguished from the human voice" (Webster's Third New International Dictionary, 1976 ed.)[97], where music is defined according to its specific meaning in the relevant cultural contex […].[98] (Kartomi, 1990, p. xvii)
>
> Musical instrument is a means to actualize music as sound. (...) One difference between playback devices and musical instruments is that instruments are usually designed for continuos operation by a human being.[99] (Echard, 2006, pp. 11–12)

Embora as definições expostas apresentem algumas diferenças – terminológicas, conceptuais, tecnológicas e funcionais –, importa depurar pontos comuns e conceitos unificados, pelo que algumas ilações poderão ser retiradas:

i) Dada a diversidade de designações atribuídas ao termo instrumento, o termo "dispositivo"[100] é o que melhor abarca o máximo de situações potenciais de instrumentalidade, em parte ou no seu todo, físicas ou virtuais.

ii) Outra questão fundamental é o significado de "fazer" música: pode ser entendida como uma acção em sentido lato (gerar, concretizar); ou uma acção mais específica de performance musical (tocar música). Em contexto acústico, esta última abordagem é a mais naturalmente subentendida. Por outro lado, os dispositivos e instrumentos electrónicos podem ter uma capacidade ambivalente de estruturação, gravação e reprodução sonora. Podem assumir várias funções das quais a performance instrumental é apenas uma delas.

iii) Uma característica implícita aos instrumentos musicais é a sua capacidade de transformar uma acção em som em "tempo-real". Este epíteto está naturalmente implícito nos instrumentos acústicos, com uma ligação intrínseca entre a fisicalidade do

---

[96] "Desde o início da história da humanidade, a música tem sido desenvolvida como uma das formas de expressão emocional. O meio para tal são os instrumentos musicais, os quais são utilizados para transformar o movimento do corpo em som" (Hartono, Asano, Inoue, & Hashimoto, 1994, p. 151).

[97] Gover, P. B. (Ed.). 1976. musical instrument. In *Webster's Third New International Dictionary of the English Language*. G. & C. Merriam Co (Fonte indirecta).

[98] "Se definirmos o termo instrumento musical no sentido comum (embora reconhecidamente limitado) como "os implementos utilizados para produzir música, especialmente distinguíveis da voz humana", onde a música é definida de acordo com o seu significado específico no contexto cultural relevante [...]" (Kartomi, 1990, p. xvii).

[99] "Instrumento musical é um meio de efectivar a música como som. (...) Uma diferença entre os dispositivos de reprodução e os instrumentos musicais é que os instrumentos são geralmente planeados para serem operacionalizados de forma contínua por seres humanos" (Echard, 2006, pp. 11–12).

[100] Artefacto seria um bom termo para os instrumentos dotados de fisicalidade. Dispositivo é um termo mais abrangente, podendo abarcar instrumentos em parte, ou seu todo, virtualizados.

objecto e a acção do instrumentista. Por isso, não existe, no campo dos instrumentos acústicos, a necessidade do seu uso. Em contexto electrónico, contudo, pode ser necessário acrescentar o epíteto "tempo-real", relembrando a existência de vários significados para termo "fazer". Por essa razão, estando ou não sublinhada, está implícita, no âmbito desta análise, a capacidade de concretização sonora em "tempo-real", seja ela total ou parcial.

iv) Existem definições mais focadas no dispositivo em si e outras mais focadas na acção sobre ele exercida. De modo a evitar a dicotomia limitativa de ser ou não ser "instrumento", vai ser privilegiada a utilização da designação "instrumentalidade" (dotado de) sempre que algum dispositivo (físico ou virtual, no seu todo ou em parte) apresente alguma característica, contexto ou situação que o torne num potencial instrumento musical.

Em conclusão, ao definir sumariamente instrumento musical, há que ter em conta a diversidade de designações associadas, diferentes conceitos de acção instrumental, a necessidade de uma temporalidade imediata e uma ênfase variável entre dispositivo-coisa e a acção instrumental.

De modo a contextualizar estas primeiras ilações, vão ser apresentadas diferentes abordagens conceptuais e um conjunto de condições clarificadoras das condições de acesso à instrumentalidade musical.

2.1.4. Diferentes entendimentos subjacentes

Aquilo que pode ser considerado um instrumento musical é, na verdade, um assunto mais dinâmico e subjectivo do que uma definição estática poderá deixar transparecer. Vários entendimentos deverão ser tidos em conta: aquilo que é reconhecido como instrumento pode diferir, tanto no modo como esse conceito *é entendido,* como no modo como *é expresso*.

2.1.4.1. Conceito auto-explicativo

Definir de forma universal o conceito de instrumento musical é uma tarefa intrincada e dependente de múltiplos factores. Wachsmann & Kartomi (2001, p. 418) consideram o termo "instrumento musical" como um conceito "auto-explicativo"[101] de um observador

[101] Do inglês "self-explanatory".

na sua própria sociedade, dificilmente aplicável a uma escala global, uma vez que o próprio conceito de música num contexto tão amplo escapa a uma definição[102].

Assim, o próprio conceito de instrumento está intimamente interligado com os conceitos de música e prática musical. Esta constatação vai adiante revelar-se mais evidente, onde o próprio conceito de prática musical pode ser decisivo na categorização de algo como instrumental, conforme será abordado na subsecção "2.1.5.5 – Contexto musical".

2.1.4.2. Ferramenta e função

Em termos genéricos é possível admitir o termo *instrumento* como um "meio que se consegue alguma coisa"[103], ou simplesmente como um "meio" (Costa & Melo, 1992, p. 948). Em contexto musical é entendido como um meio, dispositivo, artefacto ou objecto destinado a executar música.

Nos instrumentos acústicos existe uma certa fisicalidade associada ao tal meio utilizado, como se de uma ferramenta se tratasse. Nos instrumentos electrónicos há uma certa desmaterialização desse contexto, sobretudo quando inseridos em contexto digital e virtual. Há contudo algo, um algoritmo, um código ou um dispositivo com essa funcionalidade. Em suma – e em sentido lato – uma ferramenta ao serviço da prática musical.

Existe uma relação interessante entre ferramenta e função. Se por um lado uma ferramenta pode ter uma determinada função pré-definida, na verdade, uma função também pode determinar que algo se torne uma ferramenta. Uma mesa tem, à partida, uma série de características e funções associadas. Mas uma nova função pode determinar que a mesa se torne, em determinadas circunstâncias, noutra coisa, como por exemplo um assento. Não porque a mesa se tenha tornado um banco ou uma cadeira, mas sim porque desempenha, num determinado momento, essa função.

Transpondo para o contexto desta investigação, a questão fundamental não se restringe apenas a se algo é ou não um instrumento musical, mas sim se é utilizado como tal.

Admita-se que um percussionista de *cajón*[104], numa parte da sua performance, substitui o seu instrumento pelo bater das suas próprias mãos, continuando a bater o

---

[102] O próprio termo "instrumento" não aparece como entrada no dicionário "The New Grove Dictionary of Music", tal como termos demasiado abrangentes como "música" ou "composição".

[103] http://www.priberam.pt/DLPO/instrumento

[104] Instrumento de percussão comummente utilizado no *flamenco* (ver Figura 24).

mesmo ritmo. Neste caso, não sendo as mãos, *a priori*, entendidas habitualmente como instrumento musical, são utilizadas "como tal" ou desempenham "essa função".

Sobre a utilização do corpo humano como instrumento musical, Dale Olsen introduz em 1980 o termo "corpofone" para classificar "instrumentos que são parte do corpo humano" (Kartomi, 2001b, p. 420). Nesse caso as palmas, sapateado, estalos, fricções podem ser usados com função instrumental[105]. Existem vários estilos musicais que utilizam a mão como acompanhamento musical. O *flamenco*, por exemplo, utiliza as palmas (*palmas fuertes* e *palmas sordas*) e o estalar de dedos (*pitos*), para além da utilização do sapateado (*taconeo*). A obra *Clapping Music* de Steve Reich é um exemplo de música feita apenas com a bater de palmas. O termo *corpofone* levanta duas questões interessantes: (1) a questão de saber se, de facto, são instrumentos *per se* ou desempenham essa função; (2) e se os instrumentos são algo externo – ou não – ao corpo do executante. Um exemplo interessante é o berimbau de boca: nitidamente um objecto externo que musicalmente só funciona em simbiose com a boca do instrumentista. Neste caso, aliás, a cavidade bucal funciona como uma sofisticada caixa de ressonância instrumental, um misto de instrumento animado-inanimado. Como foi visto, a fronteira corporal pode ser um conceito muito ténue, mas enriquecedor na reflexão instrumental.

A voz, como unidade de emissão sonora, é, também ela, uma ferramenta diversificada. É ela que corporaliza a fala, o canto e a emissão de diversos tipos de sonoridades, sem esquecer o sopro que, podendo não ser utilizado para produzir som, é a matéria gasosa utilizada pelo aparelho vocal para excitar uma miríade de instrumentos musicais. A reflexão sobre a voz cantada e o seu enquadramento instrumental é aprofundada no "Apêndice A: O caso da voz".

É interessante constatar que as mãos e o sistema vocal são as principais partes do corpo envolvidas na comunicação humana[106]: a voz, o porta-estandarte da linguagem verbal; as mãos o porta-estandarte de gestos comunicacionais, sejam eles simbólicos ou expressivos.

Uma maneira de conciliar a dialéctica entre corpo/ferramenta poderá passar por reconhecer vários níveis de funcionalidade instrumental: (1) uma funcionalidade dedicada, isto é, uma ferramenta com função pré-definida e especificidade bem

---

[105] Sobre a utilização dos instrumentos musicais nas antigas culturas Central e Sul Americanas ("e na verdade em todo o mundo", segundo o autor), Olsen refere, entre outras funções musicais, "como um tipo de reforço dos sons vocais e da dança" (2007, p. 13).

[106] Não negligenciando as expressões faciais, o olhar e o corpo em geral.

estabelecida; (2) uma funcionalidade adaptada ou moldável, isto é, uma ferramenta capaz de desempenhar variadas funções ou passível se ser utilizada como tal.

Pode concluir-se então que todos os dispositivos e acções corporais com capacidade sonora poderão ser considerados possíveis instrumentos musicais, desde que enquadrados em contexto musical. Esta ideia vai ser desenvolvida na secção "2.1.5 *Instrumentalidade*: cinco premissas conceptuais".

O essencial, por agora, é perceber o tipo de identificação instrumental: (1) alguns são identificados e designados *per se*; (2) outros associados a diferentes funções. Mais importante, em ambas as situações, é que sejam utilizados como tal, e por isso, quer se diga que determinado dispositivo é um instrumento musical ou utilizado como instrumento musical, a sua função instrumental é a mesma.

2.1.4.3. Conveniência terminológica

A questão da linguagem é preciosa na delimitação de conceitos, sendo pertinente analisar várias situações em que o conceito de instrumento é delimitado por razões de conveniência terminológica. A designação de "instrumento musical" tanto pode ser utilizada para diferenciar como agrupar, especificar como generalizar, em suma, categorizar algo de acordo com o seu contexto, seja ele de âmbito mais abrangente ou restrito. Sendo assim, diversos tipos de conveniência terminológica assumem uma relevância merecedora de reflexão.

Numa primeira abordagem relaciona-se "instrumento musical" com a utilização de algo destinado a executar música. Apesar do corpo humano poder ser utilizado de forma instrumental, na verdade, o termo instrumental surge maioritariamente associado a algo exterior ao corpo humano, ou seja, a um dispositivo auxiliar. O próprio termo *corpofone* pode ser entendido como uma excepção ao conceito tácito geral de dispositivo externo ao corpo humano. Contudo, esse entendimento não é universal. Na verdade essa diferenciação tem a sua parte cultural, havendo civilizações e épocas que categorizam a "voz" e "acções do corpo humano" como categorias instrumentais, como é aprofundado no "Apêndice A: O caso da voz".

Uma conveniência terminológica bastante difundida sugere o termo instrumental como uma diferenciação daquilo que é vocal. Na tradição ocidental o termo "vocal" é utilizado, em variadas circunstâncias, com o significado de "não-instrumental". Esta classificação surge como necessidade de diferenciação da música vocal à denominada música instrumental. Independentemente de, por agora, não haver intenção de incluir ou excluir a voz na categoria dos instrumentos musicais, na verdade são muitos os exemplos de utilização do termo "instrumental" como diferenciação do termo "vocal", através de denominações como "voz e instrumento", "voz e orquestra" ou "coro e orquestra". A excepcionalidade da voz no contexto instrumental reside na

impossibilidade de dissociação do corpo humano e nas suas qualidades sonoras extraordinárias, como é reflectido no "Apêndice A: O caso da voz".

No seguimento anterior, é comum a utilização de termos como cantor, coralista e vocalista para denominar instrumentistas vocais; tal como a música por eles executada se designa por canto, música coral ou música vocal. Além disso, existem formas (ex.: missa do canto gregoriano) e estilos (ex.: cante alentejano) exclusivamente vocais. Como também, homologamente, se fala de instrumentista, grupos instrumentais e orquestrais; tal como existem também formas exclusivamente instrumentais (sonata, sinfonia, concerto). As formas vocais com acompanhamento instrumental são numerosas: *motet*, *gospel*, *lied*, ópera, cantata, oratória, entre outras. Independentemente do estilo e época, o arranjo musical tanto pode ser instrumental, vocal (*a cappella*[107]) ou misto.

A designação "instrumental" pode também diferenciar terminologicamente diversos meios de execução musical, especialmente evidente na música de vanguarda pós-50 do séc. XX. Determinados dispositivos sonoros, não possuindo o estatuto instrumental claro e estável, são especificados de maneira diferente dos instrumentos musicais de utilização mais convencional. Encontram-se muitos exemplos dessa situação na resenha histórica da música electrónica efectuada por Chadabe (1997), dos quais ficam alguns exemplos: *Sinfonia for 12 Instruments and Magnetic Tape*[108] (1960); *Triality* (1964) "for violin, trumpet, basson and "special equipment""[109/110]; *Hex* (1966) "for instruments, tape and "special equipment""[111/112]; *She, a Solo* (1973), "for mezzo-soprano and tape"[113].

A diferenciação de meios não é completamente nova dentro da tradição instrumental ocidental. A designação de instrumento foi no passado utilizada também com um significado mais específico. Historicamente a designação concreta do termo instrumento, do alemão *instrument*, começou por ter o significado específico de

---

[107] Palavra italiana que indica a ausência de qualquer tipo de acompanhamento instrumental.

[108] Composição de Gordon Mumma (Chadabe, 1997, p. 159).

[109] Composição de Emmanuel Ghent (*Ibidem*, p. 159).

[110] "special equipment" refere-se ao *Polynome,* um dispositivo com relações temporais pré-arranjadas coordenadas através de engrenagens mecânicas (*Ibidem*, p. 159-60).

[111] Composição de Emmanuel Ghent (*Ibidem*, p. 159-60).

[112] "special equipment" refere-se ao *Cordinome,* um leitor de fita de papel cujas perfurações representavam relações rítmicas (*Ibidem*, p. 159-60).

[113] Composição de Barry Truax (*Ibidem*, p. 283).

"instrumento de teclas"[114], mais tarde como "instrumento de teclas de cordas"[115] por oposição ao órgão (*Orgel und Instrument*). Mesmo nos princípios do séc. XIX era ocasionalmente utilizado para referir o piano. Só posteriormente adquiriu o significado mais genérico no seio da música instrumental ocidental (Brown, 2001, pp. 398–399).

Outra conveniência terminológica surge da necessidade de categorizar e agrupar características instrumentais[116], gerando frequentemente diversificadas denominações instrumentais *ad hoc*: instrumentos de sopro, instrumentos de bambu, instrumentos agudos, instrumentos de orquestra, instrumentos amplificados, instrumentos pedagógicos, instrumentos solista, instrumentos harmónicos, entre tantas designações. Igualmente interessante é quando o estatuto instrumental não se encontra bem definido ou é baseado em tecnologia ou práticas recém-chegadas: "alguma-coisa-instrumento" pode ser a expressão terminológica mais adequada. A língua inglesa, por exemplo, é extremamente fértil nesse campo, quer pela sua sintaxe quer pela sua enorme difusão no campo dos instrumentos electrónicos[117]. Assim, qualquer particularidade, característica ou funcionalidade adstrita a um determinado dispositivo, facilmente encontra uma terminologia caracterizadora, gerando designações como, por exemplo, "screen-based instruments"[118], "stick-instruments"[119], "computer-based instruments"[120] ou "sensor-based instruments"[121].

Um aspecto determinante na actual profusão de designações no campo dos IME é o seccionamento das suas partes constituintes. Sejam controladores, interfaces, módulos ou sensores, são várias as denominações aplicadas a dispositivos instrumentais. No caso dos instrumentos acústicos existe uma certa orgânica e fisicalidade não dissociável entre o dispositivo físico e o som por ele emitido, que permite identificá-los mais facilmente como um todo. Essa unicidade encontra-se quebrada nos instrumentos electrónicos, como se verá no "Capítulo 2.3. – Instrumento Electrónico".

Nestes casos, embora a necessidade terminológica instrumental esteja subjacente, a utilização de outros termos define melhor o âmbito instrumental ou o tipo de função

---

[114] Traduzido do inglês "Keyboard instrument".

[115] Traduzido do inglês "String keyboard instrument".

[116] Materiais, construção, técnica instrumental, função social, características sonoras.

[117] Onde a terminologia inglesa é tacitamente aceite, como atestam os exemplos de *hardware*, *software*, *chip*, *motherboard*, *internet*, *feedback* ou *chat*.

[118] Instrumentos baseados em ecrã.

[119] Instrumentos bastão.

[120] Instrumentos baseados em computador.

[121] Instrumentos baseados em sensores.

instrumental subjacente. Nesse aspecto verifica-se, amiúde, uma espécie de bilinguismo instrumental: um tipo de designação para especialistas, outro para leigos. E podem ser ambas pertinentes e conviver bem, de acordo com o contexto. Criando uma situação imaginária, atente-se ao seguinte texto ficcional:

> O Artur disse aos colegas de banda que, para o concerto da noite, apenas levaria o *master-keyboard* com dois módulos de som e um processador de efeitos; mas aos seus pais apenas disse que levaria o teclado. "Teclado?", perguntaram os pais. "Então, o meu instrumento!", disse o Artur. "Ah, bom... Já podias ter dito!", retorquiram os pais. Depois de sair de casa, os pais do Artur concluíram que os jovens têm, cada vez mais, dificuldades em se exprimirem correctamente.

Este exemplo ficcional pretende apenas ilustrar como a conveniência terminológica pode estar ligada ao entendimento conceptual das situações.

2.1.4.4. Apropriação (my), função (as) e modelo (like)

Ligadas aos conceitos *auto-explicativo* e *conveniência terminológica*, surgem frequentemente no universo das terminologias instrumentais – pelo menos em contexto informal –, afirmações pessoais do tipo "este é o meu instrumento" ou "eu utilizo como se fosse um instrumento".

A revisão da literatura instrumental em língua inglesa proporciona uma experiência muito rica nesse contexto, com a utilização desse tipo de expressões de forma escorreita[122], nem sempre de fácil tradução para a língua portuguesa . Para além de apreciações como "this is my instrument"[123], destaca-se a quantidade de expressões usadas, mesmo em contexto formal, como "as an instrument"[124] ou "like an instrument"[125], ou "instrument-like"[126].

Fazendo uma súmula deste tipo de associações terminológicas, três tipos de significados podem ser depreendidos: **apropriação** (*my*), **função** (*as*) e **modelo** (*like*).

A **apropriação** é aplicada nos casos em que um determinado dispositivo é utilizado de forma tão pessoal e específica, ou de forma muito pouco ortodoxa, que é justificada como uma opção individual de conceito instrumental, dificilmente partilhável e sistematizável noutros contextos. É o sublinhar de algo como meio de expressão e criação musical individualmente circunscrito.

---

[122] E também por grande difusão na área científica.

[123] "Este é o meu instrumento".

[124] "Como um instrumento".

[125] *Idem*.

[126] Tradução com vários significados, de acordo com o contexto.

A **função** destaca o papel instrumental que determinado dispositivo, *a priori* não instrumental, desempenha num determinado contexto musical. A grande diferença com o conceito de apropriação será o sublinhado funcional conferido a determinados dispositivos, onde essa própria funcionalidade desempenha um papel mais abrangente e partilhável.

O **modelo**[127] destaca a semelhança do desenho e prática instrumental de determinado dispositivo específico em relação a outro mais padronizado. Seja por inspiração conceptual, aparência, mecanismo ou prática musical, o modelo enquadra dispositivos idiossincráticos num contexto mais ortodoxo e generalizado.

2.1.5. *Instrumentalidade*: cinco premissas conceptuais

Pegando no conjunto de definições apresentadas na secção "2.1.3 – Definições básicas de instrumento musical", convém depurar os seus aspectos primordiais, e verificar quando, e em que circunstâncias, um determinado dispositivo pode ser considerado como um instrumento musical[128]. Não se trata de preconizar o que um instrumento musical poderá ser, mas aquilo que não poderá deixar de ter. Basicamente definir quais as características mais elementares e universais que conferem *instrumentalidade* a qualquer dispositivo, acção ou sistema.

2.1.5.1. Capacidade sonora

A condição prévia para algo ser denominado de instrumento musical é ter capacidade de produzir som, qualquer que ele seja, isto é, ter capacidade sonora. Tal como foi referido anteriormente, Hornbostel (1933, p.129)[129], citado por (Wachsmann & Kartomi, 2001, p. 418), preconiza que, para efeitos de investigação, deve-se ter em consideração todos os dispositivos sonoros ou produtores de som. Esta premissa abre portas a tudo o que é capaz de emitir som, alargando a base conceptual dos instrumentos musicais. Na verdade, todos os dispositivos sonoros são passíveis de ser analisados sob esta perspectiva, quebrando eventuais preconceitos do que pode, ou não, ter mérito de reflexão conceptual.

---

[127] Ou tipo.

[128] Há uma coincidência terminológica entre o nome desta secção com a secção intitulada "5. Conditions of Instrumentality" do artigo "Theses on liveness" de John Croft (2007). Apesar da temática ser aparentada, a abordagem e o conteúdo são muito diferentes.

[129] Hornbostel, E.M. von (1933). The Ethnology of African Sound-Instruments, Africa, vi (fonte indirecta).

Não deixa ser interessante neste ponto confrontar a obra de *4'33"* de John Cage, um notável exemplo de obra musical conceptual. Sendo um exemplo verdadeiramente excepcional, não deixa de ser paradoxal o uso de forma não sonora de instrumentos musicais. Para além do ouvinte desta obra não poder, na verdade, ouvir o silêncio total[130], o paradoxo instrumental surge precisamente pelo potencial sonoro e musical que os instrumentos utilizados possuem. A utilização de dispositivos não musicais em situação de concerto, neste caso especial, não faria sentido apesar de, objectivamente, produzirem o mesmo som, ou seja, o mesmo silêncio. Para ilustrar melhor este conceito, faça-se uma comparação de duas situações extremas: Jimmy Hendricks com uma guitarra eléctrica, por um lado; Jimmy Hendricks com uma vassoura, por outro. Qual destas duas situações suscitaria maior interesse na execução da famosa obra de Cage? Provavelmente a primeira situação, exactamente pelo potencial sonoro e musical em jogo.

Em suma, sendo uma condição prévia tão elementar de acesso à instrumentalidade musical, a capacidade sonora não deixa de ser pertinente, importante e convidativa à reflexão.

2.1.5.2. Intencionalidade

Se todos os dispositivos sonoros são passíveis de reflexão conceptual, o acesso ao estatuto de instrumento musical não é ilimitado, uma vez que Hornbostel recomenda uma outra condição restritiva: a intencionalidade da produção sonora. Este facto é deveras importante porque preconiza a existência de uma intenção ou uma consciência dela. Nesse caso todos os objectos e seres emissores de sons sem intencionalidade ou intencionalidade acidental ficam fora do conceito de instrumento musical. O arfar de um cão, uma cascata, um vulcão ou trotar de um cavalo, não são, por mais interessante que seja a sonoridade, portadores de intencionalidade sonora suficiente para serem considerados como instrumentais[131].

A intencionalidade pode assumir aspectos deveras interessantes. A falta de intencionalidade não está apenas afecta a elementos inanimados ou a seres vivos não-humanos. Diversas instalações sonoras podem ser espoletadas por humanos tanto de forma intencional como fortuita. Neste último caso, poderá nem sequer haver consciência da acção e do resultado sonoro, resultando o som de uma acção fortuita,

---

[130] Pela existência de sons circundantes e, em última análise, pelos próprios sons do ouvinte, sejam eles externos (fricções) ou internos (respiração, batimento cardíaco).

[131] Logicamente existem situações limite que desafiam o próprio conceito de intencionalidade, como o canto dos pássaros ou o silvo dos cetáceos.

sem interacção ou acção intencional. Note-se que, neste caso, a intenção pode ser ambivalente: pode não existir intencionalidade no transeunte (ou consciência) mas ser essa a intenção do instalador sonoro, uma espécie de intencionalidade fortuita.



Figura 18. Carrilhão de bambu[132] *Kolberg* e carrilhão de conchas[133] *Gon Bops*.

Existem exemplos curiosos de instrumentos musicais capazes de produzir som através de agentes desprovidos de intencionalidade, como o carrilhão de bambu e o carrilhão de conchas (Figura 18). Comummente considerados como "espanta-espíritos", estes dispositivos sonoros tanto podem ser accionados através de gestos intencionais, como, por outro lado, por elementos não intencionais como o vento. Contudo, sendo instrumentos construídos, deve ser outro o critério de acesso à instrumentalidade instrumental: a sua operacionalidade.

2.1.5.3. Operacionalidade

Outro requisito fundamental é a operacionalidade performativa. Basicamente consiste na capacidade sonora e intencional de iniciar e cessar o processo sonoro em tempo-real. Apesar de parecer uma condição óbvia, deve ser notada a existência de situações sonoras intencionais embora desprovidas de operacionalidade performativa.

Observe-se os casos de uma avalanche na montanha ou de uma derrocada de um muro. Em determinadas situações é extremamente fácil espoletar o processo sonoro, com um disparo de uma arma ou o atirar de uma pedra. Contudo é impossível parar o processo sonoro uma vez espoletado, extinguindo-se apenas por ele próprio. Nesse caso pode dizer-se que não existe operacionalidade performativa.

O processo inverso também é admissível, ou seja, situações em que é possível parar o processo sonoro de forma precisa mas é impossível operacionalizar o seu início.

---

[132] http://www.kolberg.com/products/en_GB/969/group/422.html#

[133] http://www.gonbops.com/products-category/shell-chimes/

Basta pensar, por exemplo, num charco de água repleto de rãs ou num arvoredo com um bando de pardais. Um bater de mãos é suficiente para acabar repentinamente com o processo sonoro, mas o seu reactivar sonoro não é operacional.

Logicamente estes exemplos são pouco ortodoxos, mas deve ser notado que no universo dos instrumentos acústicos convencionais o processo de geração e extinção sonora encontra-se naturalmente bem estabelecido: é accionado por uma acção gestual humana e auto-extingue-se na falta de reforço[134] ou nova acção gestual. Nos instrumentos electrónicos esta relação é artificial, como será abordado no final desta subsecção.

Ainda nos instrumentos acústicos, existem casos em que a operacionalidade é parcialmente dissolvida. Por princípio, qualquer instrumento musical acústico responde sonoramente ao seu accionamento gestual. Já a sua cessação sonora pode ser um pouco mais indeterminada, quer seja de forma deliberada ou involuntária. No caso dos gongos e dos sinos, a sua cessação sonora pode acarretar alguma dificuldade devido à inércia da sua fisicalidade. Caso este constrangimento seja deliberado, então será o contexto musical que os enquadrará como instrumentos musicais, como será abordado na subsecção "2.1.5.5 – Contexto musical". Caso seja involuntário, a sua operacionalidade instrumental pode ser posta em causa, caso seja musicalmente descontextualizada.

O exemplo anterior dos gongos faz pensar como a escala (tamanho, dimensão) pode condicionar o manuseamento instrumental. Nos instrumentos acústicos, o som é produzido através da excitação e ressonância dos seus materiais. E apesar de parecer um aspecto singelo, a escala de um instrumento não deixa de ter a sua pertinência conceptual. Convém lembrar que o propósito desta secção é depurar as condições mais elementares à condição instrumental, qualquer que seja o dispositivo, qualquer que seja a circunstância. Daí a necessidade de abranger o máximo de situações com potencialidade instrumental, incluindo as mais extremas e invulgares.

A arquitectura musical suscita uma chamada de atenção. No *Passeio Marítimo Musical* (Figura 19, exemplo 1), do arquitecto Nicola Nosi, a produção sonora desta construção sonora está completamente dependente do estado do mar e das condições climatéricas. Existe obviamente uma intencionalidade sonora conceptual, um desiderato construtivo, uma organização sonora pré-definida. Mas a concretização da produção sonora está exclusivamente dependente de agentes desprovidos de intencionalidade. O mesmo se passa com a escultura musical, como a *Árvore Musical*, de Mike Tonkin e

[134] Uma raríssima excepção poderá ser o órgão de tubos, caso tenha uma alimentação de ar independente do instrumentista. Bastará colocar um peso nas teclas para estas soarem sem termo.

Anna Liu (Figura 19, exemplo 2). Este artefacto sonoro está dependente do livre arbítrio do vento para produzir som.



Figura 19. (1) Arquitectura musical: órgão em passeio marítimo[135]; (2) escultura musical: árvore musical[136].

Contudo, nestes exemplos, apesar da produção sonora ser dependente de agentes sem intencionalidade, sendo construídos, o que os afasta da instrumentalidade musical é a sua dimensão exorbitante. Imagine-se as mesmas construções numa escala muito mais reduzida: o *Passeio Marítimo Musical*, caso tivesse o tamanho de uma casa de bonecas, poderia ser operável numa tina de água; a a *Árvore Musical*, caso o tamanho fosse o indicado para ser segurada numa mão, poderia ser accionado pelo sopro humano.



Figura 20. (1) Violino miniatura[137]; (2) Maior violino tocável do mundo segundo o *Guiness Book of Records* (em 2010)[138]; (3) Violino estátua em Sidney[139].

Na Figura 20 são mostrados vários exemplos de violinos com escalas extravagantes. No primeiro exemplo, o violino miniatura, talvez seja possível conseguir produzir som, ainda que de maneira muito limitada. Mas reduzindo ainda mais a escala

[135] http://obviousmag.org/archives/2007/09/arquitectura_mu.html

[136] http://obviousmag.org/archives/2008/02/uma_arvore_musi.html

[137] http://www.zanews.co.za/columnists/2015/04/01/sa-designer-wins-patent-for-worlds-tiniest-violin

[138] http://www.guinnessworldrecords.com/world-records/largest-violin

[139] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Worlds_largest_fiddle_Sydney.jpg

(um hipotético "nano-violino"), tal deixaria de ser possível. No segundo exemplo, "o maior violino tocável do mundo", um caso de gigantismo excêntrico, a sua existência surge associada a um recorde mundial de construção instrumental, embora o conceito de "tocável" esteja mais relacionado com uma "possibilidade" do que com uma "praticabilidade". No terceiro exemplo é mostrado um monumento em forma de violino. Mesmo que as suas cordas tivessem tensão suficiente para produzir som, a sua excitação sonora seria humanamente inoperável. De notar que a absurdidade dos exemplos mostrados serve apenas para ilustrar que há sempre um limite físico para o qual as coisas materiais deixam de ter operacionalidade humana.

Pegando em exemplos de âmbito instrumental real, observe-se o caso do gongo. Se é certo que os seus maiores exemplares não permitem uma cessação sonora operacional (desejada ou não), tal deve-se principalmente ao seu tamanho (Figura 21, exemplo 1). Existem outras dimensões em que tal é possível, sendo uma questão de escala (Figura 21, exemplo 2). Por fim, embora sublinhando que se trata de instrumentos diferentes, os pratos permitem uma operacionalidade acrescida[140].

O caso dos sinos é análogo ao anterior: a sua tipologia e, sobretudo, o seu tamanho influenciam o sua operacionalidade. O *Sino do Czar* (Figura 21, exemplo 4), o maior sino na actualidade, nunca foi montado devido ao seu enorme peso[141]. Para além dos sinos gigantes existentes em diversas igrejas e templos, outros existem com uma operacionalidade instrumental assinalável. O carrilhão tubular (Figura 21, exemplo 5) é um instrumento padrão na disposição orquestral sinfónica actual, substituindo os sinos convencionais por volta de 1900 (Michels, 2003, p. 29). Os sinos de mão (*handbell*) permitem uma manipulação ágil e precisa, existindo inclusivamente algumas orquestras constituídas apenas por este instrumento (Figura 21, exemplo 6).

[140] A comparação com o gongo surge apenas pelo facto de todos estes exemplos serem constituídos por placas metálicas circulares em que o tamanho, entre outros factores, tem influência na sua operacionalidade instrumental.

[141] https://en.wikipedia.org/wiki/Tsar_Bell



Figura 21. Diversos tipos de gongos e sinos.

Linha superior: (1) Gongo em Roi Et na Tailândia[142]; (2) Diversos gongos do fabricante *Paiste*[143]*;* (3) Pratos chineses[144]. Linha inferior (4) Sino do Czar no Kremlin de Moscovo[145]; (5) Carrilhão tubular *Yamaha-Deagan DC-9190A*[146]; (6) Orquestra de sinos de mão (handbell) *Bells on Temple Square* de Salt Lake City[147].

Nos instrumentos electrónicos, contudo, a operacionalidade do processo sonoro não depende primariamente da energia transmitida pelo instrumentista e da fisicalidade acústica do instrumento. Veja-se, por exemplo, o caso da instalação sonora *Global String*[148] (Tanaka & Bongers, 2002), uma alegoria sobre a escala e espaço de um dispositivo sonoro: uma corda liga, através de rede, dois espaços geográficos diferentes. As extremidades são físicas (cabos de aço de 15 metros de comprimento e 12 milímetros de diâmetro), o espaço entre elas é virtual. Há um compromisso entre materialidade dos extremos (cabo com sensores e actuadores) e respectiva ligação virtual em rede. Daí resulta uma percepção física local de uma escala global que, devido às leis da física natural, é inalcançável aos instrumentos acústicos.

---

[142] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thaigong2.jpg#/media/File:Thaigong2.jpg

[143] http://www.paistegongs.com/index.php

[144] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinese_New_Year_Seattle_2007_-_25.jpg

[145] https://en.wikipedia.org/wiki/Tsar_Bell#/media/File:Tsar_Kolokol_with_humans_for_perspective.JPG

[146] http://data.yamaha.jp/sdb/local/products/images/9261/12073/9261_12073_1.jpg

[147] http://www.mormontabernaclechoir.org/about/newsroom/photo-library.html#1793863

[148] https://vimeo.com/46800992

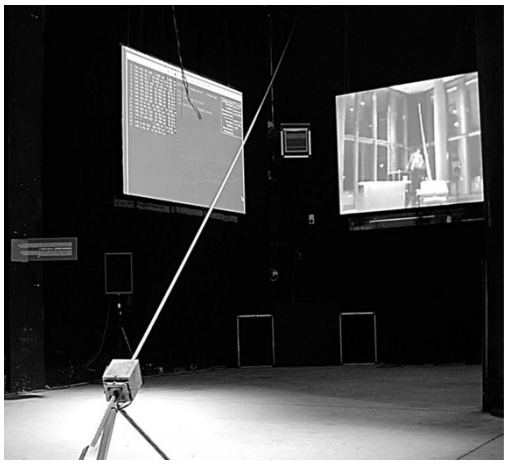


Figura 22. Global String[149].

Se a escala física pode não constituir obstáculo à operacionalidade instrumental dos dispositivos electrónicos, um outro aspecto revela-se vital para os mesmos: o conceito de "tempo-real". Esta particularidade encontra-se naturalmente presente em todos os instrumentos acústicos, mas assume uma particularidade conceptual em contexto electrónico.

Seguindo a lógica expositiva desta reflexão, esta investigação considera o tempo-real um conceito absolutamente interligado e imprescindível à operacionalidade instrumental.

Considera-se o "tempo-real" como a ausência de espera ou instantaneidade entre a acção exercida sobre um instrumento e o seu resultado sonoro, ou seja, é a capacidade instantânea de um dispositivo em converter uma acção gestual num resultado sonoro.

De notar que o conceito de tempo-real aplicado aos instrumentos musicais, sendo um *retrónimo*[150], terá forçosamente surgido depois dos primeiros instrumentos electrónicos, mais precisamente com o nascimento da computação musical. Antes disso, não havia necessidade dessa diferenciação, uma vez que todos os instrumentos acústicos são, pela sua natureza física, portadores desse princípio. Já no caso dos instrumentos electrónicos essa necessidade surge amiúde.

---

[149] http://www.instantschavires.com/IMG/jpg/global_string_TANAKA.jpg

[150] Adaptação livre do termo inglês "retronym" que significa "um termo novo criado com o intuito de distinguir o referente original de uma palavra existente de outra que é produto do progresso ou desenvolvimento tecnológico (e.g. guitarra acústica de guitarra) ("retronym | Definition of retronym in English by Oxford Dictionaries," n.d.). Outros exemplos: relógio analógico depois de relógio digital; música ao vivo depois de música gravada; ou instrumentos acústicos depois de instrumentos electrónicos.

Na música electroacústica e nos primórdios da computação musical a falta de tempo-real foi uma contrariedade bastante destacada: "o uso de fitas ou a execução automática de música computacional[151] pré-escrita impedia a flexibilidade da interpretação instantânea, e o uso de instrumentos de interacção directa como sintetizadores ou caixas de transformação passivas impedia o uso de processamento computacional inteligente" (Baisnee, Barrière, Koechlin, & Rowe, 1986, p. 237). Mais tarde, já na era dos computadores pessoais Ryan afirma que "A escolha do tempo-real pode ter os seus custos no estreitamento de possibilidades. Para alguns a escolha do tempo-real simplesmente não se encontra disponível dentro do estado da arte actual ou do orçamento (1991, p. 4). Entretanto, muita coisa mudou e, hoje, o *live-coding*[152] é uma actividade paralela à prática de *disc-jockey*, sendo altamente performativa.

Voltando ao fio condutor, Jordà considera o conceito alargado de instrumento como "qualquer dispositivo usado para produzir qualquer música, transformando em tempo-real (i. e., sendo tocado) as acções de um ou mais executantes em eventos sonoros" (2004c, p. 330). A referência "em tempo-real" não é contemplada nas definições instrumentais acústicas, por essa particularidade estar naturalmente presente.

É paradigmática a evolução histórica da computação musical, onde o conceito de operacionalidade constituiu um desafio determinante. São vários os exemplos de sistemas e dispositivos onde a concretização sonora se encontrava claramente desfasada da instrução, impedindo-os de ter operacionalidade instrumental.

Em suma, a operacionalidade é um conceito fundamental para a instrumentalidade musical e diz respeito à capacidade instrumental de iniciar e cessar o processo sonoro. Nos instrumentos acústicos está relacionada com aspectos físicos, nomeadamente a escala do instrumento. Nos instrumentos electrónicos é o tempo-real que condiciona esta particularidade.

2.1.5.4. Controlo

O controlo instrumental é uma condicionante verdadeiramente assinalável à condição instrumental. Enquanto as duas primeiras condições funcionam como uma espécie de visto prévio à *instrumentalidade* (capacidade sonora e intencionalidade*)*, a questão do controlo é deveras complexa, muito vasta e composta de inúmeros aspectos. Aliás, a própria operacionalidade, anteriormente referida como uma unidade isolada, poderia ser

[151] Do inglês "computer music".

[152] Actuação ao vivo com criação e manipulação musical através da escrita ou modificação de código e algoritmos.

compreendida como um aspecto particular do controlo. Foi referida à parte pela sua singularidade conceptual e estreita ligação com o "tempo-real".

A questão do controlo instrumental é um aspecto muito reflectido no campo dos instrumentos electrónicos. Devido à independência da física natural dos seus materiais, os instrumentos electrónicos, ao contrário dos instrumentos acústicos, levantam novas questões relacionadas com o controlo instrumental, nomeadamente a interligação da aquisição gestual, mapeamento e síntese sonora. Estes são aspectos exclusivos dos instrumentos electrónicos que serão abordados no subcapítulo "2.3 – Instrumento Electrónico". O que importa, por agora, é reconhecer o grande contributo que as áreas de estudo dos instrumentos electrónicos concederam a este tipo de questões.

Voltando à questão principal, são vários os elementos envolvidos no controlo instrumental. Estes podem ser organizados em torno a duas questões colocadas por Jordà (2004c, p. 323), aplicáveis a todos os instrumentos, incluindo os tradicionais: "*o que* podem fazer (*output*), e como podem ser tocados, i. e., *como* são atingidas as suas possibilidades sónicas (*input*)".

Transpondo estas questões para a temática do controlo instrumental, estas podem ser colocadas da seguinte maneira:

a) "O Que" se controla, ou seja, o *output* instrumental e capacidades sonoras. Está relacionado com a qualidade e quantidade de parâmetros sonoros gerados e com a combinação estática ou dinâmica da sua conjugação. Aspectos como frequência, volume, espectro, dinâmica, timbre, tessitura, articulação, microestruturas, macroestruturas, enfim, tudo o que um determinado dispositivo pode abarcar na sua saída instrumental;

b) "Como" se controla, ou seja, o *input* instrumental, a maneira como o instrumentista controla esses parâmetros.

São muitos os aspectos específicos que o controlo instrumental contempla. Mas para já, mais que discriminá-los, importa centrar a questão do controlo instrumental no seu todo, suas implicações e limites, nomeadamente nos instrumentos musicais electrónicos (IME).

Input e *output* instrumental

A questão do *input* (entrada) e *output* (saída) instrumental é um aspecto deveras interessante e conceptualmente muita caro aos IME. A pertinência desta relação conceptual emerge do contexto específico do campo da "Interacção Humano-Computador" (IHC), internacionalmente designada por "Human-Computer Interaction"

(HCI[153] ou CHI[154]). Mas não deixa de ser relevante a sua aplicação no campo dos instrumentos musicais[155], quaisquer que eles sejam, proporcionando uma perspectiva conceptual de inestimável valia.

A questão do *input* e *output* instrumental será desenvolvida nas secções "2.1.6 – *Input* e *output* instrumental", "2.2.4 – *Input* e *output* acústico" e "2.3.8 – Esquematização *Input-Out*". Para já, o fundamental, é perceber a importância do controlo como mediador de uma acção sobre um dispositivo (*input*) e o resultado sonoro consequente (*output*).

Na Figura 23 é mostrado o esquema geral do *input* e *output* instrumental, um ponto de partida esquemático aplicável a todos os instrumentos musicais. Assim sendo, em termos globais, um instrumento musical converte a acção gestual em eventos sonoros musicais. A maneira como estes dois extremos se relacionam diz respeito ao controlo instrumental.

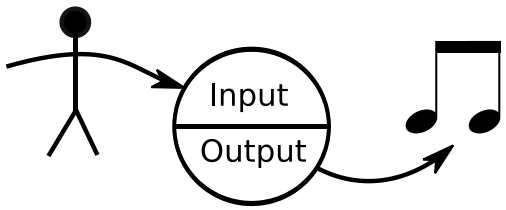


Figura 23. Esquema geral de *input* e *output*.

A diversidade de dispositivos electrónicos apresenta um leque de soluções de controlo instrumental que variam entre um controlo mais directo e transparente, análogo ao da generalidade dos instrumentos acústicos (Fels, Gadd, & Mulder, 2002); até um controlo mais indirecto e menos transparente, só possível em dispositivos que escapam às leis da construção acústica instrumental. Levanta-se a questão de saber onde se situam esses limites e quais as implicações que acarretam.

Aquilo que um instrumento electrónico pode controlar pode ser tão díspar que, em casos extremos, a ligação entre a entrada gestual e a saída sonora é percepcionada como sendo arbitrária ou sem correlação entre o movimento físico do instrumentista e o seu resultado sonoro. Sobre esse fenómeno o compositor Neil Rolnick afirma o seguinte: "um extremo é premir um botão e sair a peça toda, o outro é tocar todas as notas

[153] Human-Computer Interaction.

[154] Computer-Human Interaction.

[155] Bongers distingue três categorias no campo da música: performer-sistema (ex.: tocar um instrumento musical), sistema-audiência (ex.: uma instalação de arte) e performer-sistema-audiência (1999, p. 76). O conceito instrumental abordado centra-se na primeira delas.

individualmente – o problema real é encontrar o meio termo adequado" (Chadabe, 1997, p. 217).

Um exemplo paradigmático desta situação é o leitor de *compact disc* (CD), tal como foi reportado por Jordà (2004c, p. 334): este dispositivo apresenta um elevado grau de operacionalidade, embora sofra de falta de controlabilidade. Segundo o mesmo autor falta-lhe a "liberdade performativa", resultante da "falta de liberdade de movimentos (…) e liberdade de escolha" (Jordà, 2004a, pp. 64–65). Exceptuando as suas funções mais básicas (volume, escolha de faixa, faixa seguinte, faixa anterior), pouco mais pode oferecer do que uma sequência musical sem possibilidade de controlo. Um leitor básico de CD é completamente operacional na capacidade de iniciar e cessar a produção sonora, i. é., facilmente alguém inicia e interrompe o processo de produção sonora. No entanto a sequência sonora está pré-definida, sendo imutável. Com excepção do controlo do volume sonoro geral, nada mais poderá ser feito. Neste caso, a falta de controlo não lhe permite a obtenção do estatuto instrumental.

Ao leitor de CD, um outro dispositivo similarmente funcional vai ser acrescentado: o gira-discos. O utilizador comum serve-se destes dois artefactos de maneira similar, ou seja, para reproduzir uma determinada sequência sonora pré-definida. Contudo uma utilização mais especializada pode apresentar diferenças assinaláveis a nível de controlo sonoro. Um *Disc Jockey* (DJ) faz do gira-discos (e leitores de CD adaptados) um dispositivo com um controlo muito mais complexo do que a simples reprodução ininterrupta de uma sequência sonora. Para além do volume geral, o DJ tem controlo sobre a velocidade de execução, o sentido da reprodução (inverter a sequência), a transição de sequências (com dois pratos) e, acima de tudo, manipula de forma virtuosa o início e cessação da reprodução sonora através da técnica de "scratching". Esta manipulação permite ainda adicionar sons externos à própria sequência pré-definida, obtendo um nível de controlo sonoro capaz de dotar o gira-discos, nas condições atrás descritas, de instrumentalidade musical. A funcionalidade instrumental do gira discos gera, por exemplo, a designação inglesa "turntables-turned-instruments" (Vanhanen, 2003, p. 46), sendo considerado por Jordà um "verdadeiro instrumento musical"[156] (Jordà, 2004a, p. 59).

Controlo e operacionalidade: encontros e desencontros

Nesta investigação a controlabilidade surge como um conceito posterior à operacionalidade, podendo passar a ideia de que aquilo que não é operável não é controlável. Contudo esta posição não é assim tão vinculativa, tendo sido tomada por

[156] Do inglês "real musical instrument".

conveniência sequencial e clareza expositiva. Num sentido mais lato, tal como referido anteriormente, a operacionalidade pode ser incluída dentro da controlabilidade. Em contexto acústico pode fazer todo o sentido, uma vez que estes instrumentos têm uma coerência física bem definida. Contudo, em contexto electrónico, as condições de operacionalidade e controlabilidade podem ser perfeitamente separáveis, permitindo distinguir o tempo-real da controlabilidade desfasada.

Existem, na história da computação musical, vários exemplos de dispositivos que, não sendo operáveis em tempo-real, são contudo controláveis. Um exemplo pode ser encontrado nos primeiros sintetizadores: eram controláveis, ou seja, definiam-se as variáveis, mas não eram instrumentalmente operacionais, uma vez que o resultado sonoro vinha *a posteriori*. Alguns sintetizadores, como o *Electronic Music Synthesizer* (1951-1952) "foi mais precisamente uma máquina de composição, porque não produzia sons em tempo-real" (Davies, 2001c, para. 1). Hoje a computação musical processa algoritmos deveras complexos de forma quase instantânea, sendo essa cisão cada vez mais residual.

Partilha de controlo: automatismo e aleatoriedade

A noção de controlo é uma questão muito abrangente, não deixando de ser interessante a partilha voluntária de controlo, presente em diversos dispositivos instrumentais.

O **automatismo** transfere, de forma sistemática e repetível, tarefas, instruções e directivas para os dispositivos instrumentais. O automatismo permite libertar o instrumentista de executar certas tarefas, concentrando-se no controlo de outras variáveis; ou gerar sequências musicais e novas utilizações instrumentais.

A **aleatoriedade** abdica ou delega o controlo de variáveis aos dispositivos instrumentais, tornando uma acção – seja de forma aparente ou real –, irrepetível e fora do controlo do instrumentista. Logicamente o âmbito da aleatoriedade é circunscrito a uma série de parâmetros previamente definidos e o grau de aleatoriedade tem sempre um limite, quanto mais não seja pela factualidade de iniciar o processo[157].

Coerência instrumental

A questão da coerência instrumental é um ponto fulcral embora a sua definição seja por demais subjectiva. Ela foca-se no modo como os diversos aspectos subordinados ao controlo instrumental são conjugados.

---

[157] Há que considerar que qualquer acção intencional tem um início, mas não obrigatoriamente um fim definido. Por exemplo, pode ser pedido à máquina que gere números aleatórios para sempre, tendo apenas como limite a própria duração da máquina e da energia que a alimenta.

Superados os critérios da capacidade sonora, intencionalidade e operacionalidade, a questão da controlabilidade assume uma complexidade acrescida que dificilmente se resume a uma opção de branco ou preto. A questão da controlabilidade instrumental resulta da interpolação coerente do que se controla e como se controla.

A coerência instrumental é um aspecto apenas visível através do desempenho dinâmico instrumental (técnica performativa e contexto musical) e não das características estáticas inerentes a determinado dispositivo. A coerência instrumental – desde o controlo exíguo até à aleatoriedade propositada –, são determinados mais pelo contexto musical do que pelo dispositivo em si.

A complexidade e dinamismo deste tema merecem de uma atenção especial por parte da avaliação instrumental. Contudo, a coerência instrumental absoluta não existe. Em última instância ela é decidida pelo aspecto mais distintivo de um instrumento musical, aquele que determina a pertinência da sua existência: o seu contexto musical.

2.1.5.5. Contexto musical

Se nesta reflexão foram inicialmente postuladas duas condições preliminares (capacidade sonora e intencionalidade); se posteriormente foram postuladas duas condições no domínio sonoro e respectiva interacção (operacionalidade e controlabilidade); finalmente uma última condição é requerida no entendimento total da *instrumentalidade* musical: o contexto musical.

Não se pretende neste ponto definir uma premissa limitativa, mas perceber como e em que medida o contexto musical pode definir ou redefinir um determinado dispositivo como instrumental.

Prática musical

A evolução dos instrumentos musicais resulta de uma práxis entre tradição e necessidades de expressão, assim como de disponibilidades e constrangimentos técnicos. Novas necessidades fomentam novos meios, tal como novos meios possibilitam novas formas de expressão. Mas nem sempre novos meios garantem novas expressões, nem novas expressões procuram novos meios.

Nem sempre é fácil determinar o que é um novo meio: será uma nova utilização de algo que já existe, um novo meio? Cage, nas suas obras para piano preparado[158], utiliza materiais há muito existentes. O que surgiu foi uma nova combinação, uma utilização fora da norma.

[158] Piano com objectos removíveis sobre e entre as cordas.



Figura 24. Vários instrumentos musicais associados a diversos objectos: (1) *Gattan* e vasilha; (2) Conjunto de chocalhos e chocalho de vaca; (3) Serrote Musical e serrote; (4) *Cajón* e caixote.

A própria origem longínqua de muitos instrumentos poderá ter tido origem em artefactos do quotidiano aos quais o ser humano proporcionou contexto musical. Sejam procurados ou acidentalmente descobertos, em bruto ou adaptados, ainda hoje se encontram vários exemplos de instrumentos estandardizados nascidos desse processo: sinos diversos, o *gattan*, o *cowbell*, o *cajón*, o serrote musical, apenas mencionando alguns exemplos mais claros (Figura 24).

São muitos os exemplos de artefactos "não-musicais" adaptados a uma determinada prática musical, jogando com a pré-concepção dos mesmos. Grupos como *Blue Man*[159], *Six Drummers*[160], *Stomp*[161], *Vegetable Orchestra*[162] e os portugueses *Be-dom*[163] são apenas alguns exemplos representativos desta abordagem. O grupo *Six Drummers* destaca-se pela sua participação nos filmes *Music for One Apartment and Six*

[159] https://www.youtube.com/watch?v=k95pB0jr5Cc

[160] http://www.sixdrummers.com/clips/

[161] http://www.stomponline.com/

[162] http://www.vegetableorchestra.org/videos.php

[163] http://be-dom.weebly.com/

Drummers[164] (2001) e *Sound of Noise*[165] (2010), realizados por Ola Simonsson e Johannes Stjärne Nilsson.

No seio da música experimental, o contexto musical inclui ainda inúmeros dispositivos sonoros pouco convencionais, como será abordado de seguida.

Por estas razões – e numa última instância –, é a prática musical que confere pertinência à instrumentalidade dos dispositivos sonoros.

Libertação histórica do ruído

A libertação histórica do ruído é um argumento relevante na expansão conceptual instrumental através do contexto musical. O movimento *futurista* preconizava a inclusão de geradores de ruídos como parte integrante de uma orquestra futurista, verdadeiros instrumentos de expressão de uma sociedade imersa em maquinaria. Através do seu manifesto *L'Arte dei Rumori*[166] (1913), Russolo identificava seis famílias de ruídos criados de forma mecânica juntamente com vozes de animais e humanas (Chadabe, 1997, pp. 2–3).

Em 1916 Varèse afirmava que "o nosso alfabeto musical deveria ser enriquecido... Também precisamos de instrumentos muito maus... Na minha própria obra sinto sempre necessidade de novos meios de expressão" (Chadabe, 1997, p. 59).

Correntes musicais como a *Musique Concrète*[167] de Pierre Schaeffer e *Elektronischen Musik*[168] de Karlheinz Stockhausen incorporam novos meios e, consequentemente – e acima de tudo – novas abordagens instrumentais.

Novas possibilidades instrumentais foram criadas por John Cage através da obra *Cartridge Music* (1960), onde microfones de contacto são usados para captar e amplificar mobiliário diverso (armários, cadeiras, cestos) e o som de pequenos objectos dentro de cartuchos – palitos, fósforos, molas, cordas de piano, plumas, entre outros (Chadabe, 1997, p. 81).

A própria escolha de instrumentos pode ser delegada aos instrumentistas. Mauricio Kagel, na sua obra *Acustica* (1968/70), desafia os próprios instrumentistas a procurarem e construírem os seus conjuntos de "instrumentos encontrados"[169] e "instrumentos inventados"[170] (Saunders, 2013, p. 475). A noção de instrumentação

---

[164] https://vimeo.com/57376865

[165] https://www.youtube.com/watch?v=QKjCC7qxkTQ

[166] "A Arte do Ruído".

[167] Música concreta.

[168] Música electrónica.

[169] Do inglês "found".

[170] Do inglês "invented".

aberta está intimamente interligada com a noção de obra aberta, onde a liberdade de concretização sonora – seja pelo meio, seja pelo conteúdo, seja por ambos – se encontra descentralizada ou parcialmente delegada ao instrumentista[171].

Foi através de novos meios, mas sobretudo por novas atitudes estéticas que novos dispositivos adquiriram estatuto instrumental. Mesmo na música popular encontram-se exemplos do aproveitamento do ruído, como a distorção e o *feedback*. O que no início seriam sons indesejados e colaterais produzidos pela amplificação da guitarra eléctrica, rapidamente foram musicalmente enquadrados, sendo hoje sons distintivos de vários estilos musicais (Carfoot, 2006, p. 37).

Os sons "sujos" e corrompidos associados ao erro ("glitch") podem ser enquadrados como estética musical dos anos de 1990 (Vanhanen, 2003), onde a manipulação do gira-discos por DJs constitui um exemplo assinalável desde o princípio da década anterior (Jordà, 2004a, p. 59).

Voltando à obra de *4'33"* de John Cage, existe um alargar estético do conceito de audição musical: a emancipação do todos os sons presentes no espectro auditivo. Na verdade o som existe sempre, para além do potencial sonoro não concretizado: o silêncio absoluto, na percepção humana, não existe. A execução da obra proporciona ao ouvinte o emergir sonoro da assistência, os ruídos parasitas da sala, a qualidade do isolamento acústico da sala em relação aos sons exteriores. Tudo isso são realidades sonoras audíveis e dificilmente eliminâveis. E ainda que assim fosse, surgiriam os sons internos dos ouvintes: as respirações, os batimentos cardíacos, entre outros fenómenos. É todo esse ambiente sonoro que se encontra contextualizado nesta obra tão singular.

Computação musical

A computação foi, no séc. XX, uma invenção extraordinária. Se é certo que novas possibilidades tecnológicas abrem novos caminhos, também a procura de novos caminhos guiam a evolução tecnológica. Esta última abordagem foi tida em conta pelos pioneiros da computação musical.

No dealbar da música feita por computador, Max Mathews e John Pierce sentiram necessidade de terem músicos envolvidos nas suas descobertas (Chadabe, 1997, p. 109). Segundo Max Matheus, e apesar de tecnicamente promissora, a utilização de computadores no processo musical só seria significativa se utilizada seriamente por compositores e músicos (1963, p. 557).

[171] Em sentido lato o contexto pode ser amplo: intérprete, improvisador, performer, actor musical.

A evolução estética e a prática musical podem ser tão determinantes como a evolução tecnológica das ferramentas instrumentais. Elas são indissociáveis e caminham lado a lado.

Mas é inegável que o desenvolvimento e massificação da computação tem tido um enorme impacto na construção de novos instrumentos. Hoje, os limites dos IME são cada vez mais abrangentes e o aparecimento de novos dispositivos musicais é crescente. Pode-se dizer que a computação extravasou o computador ou, dito de outra forma, disseminou-se por quase tudo o que é electrónico.

Talvez em nenhum outro período da história tenha havido tanta experimentação instrumental como na actualidade. Este facto não deixa de ser salutar e aliciante. Basta referir que a computação tornou-se ubíqua e a comunicação entre dispositivos não cessa de evoluir, com o aparecimento da chamada "internet das coisas"[172].

Novas possibilidades instrumentais derivadas de novas tecnologias tornam o campo dos NIME extremamente diversificado, com soluções tecnológicas arrojadas e cada vez mais acessíveis à generalidade das pessoas. O reverso da medalha é caracterizado por uma prática musical pouco sistematizada, contexto musical fragmentado e desenho instrumental desajustado. É natural que assim seja, dadas as possibilidades proporcionadas pela tecnologia, bem como o seu acesso cada vez mais massificado. Este processo mais dificilmente ocorre nos instrumentos acústicos, precisamente pelos limites impostos pela fisicalidade instrumental e as leis da acústica.

Na verdade são poucos os IME que vingam de forma persistente. As razões serão de várias ordens. Mas uma delas relaciona-se com falta de prática musical ou, de forma mais abrangente, com a falta de contexto musical. Alguns são ferramentas demasiado específicas para uma prática mais generalizada. Outros carecem de um *corpus* musical que sustente uma procura mais universal.

Por outro lado, numa perspectiva mais histórica e global, a computação é um campo relativamente recente; muitas coisas ainda estão no início. As soluções tecnológicas estão em constante mutação: aquilo que hoje pode parecer um ponto de chegada pode, na verdade, ser um ponto de partida para algo novo. A "internet das coisas", a inteligência artificial e a fusão do humano-máquina são, por exemplo, campos em pleno desenvolvimento cujo alcance ainda está em aberto. Resta perceber quais serão as tendências a longo prazo.

[172] Do inglês "internet of things".

O ecossistema musical

Existem limites musicais mínimos para um instrumento musical? Características sonoras mínimas dentro dos dispositivos instrumentais? Ou poder-se-ia inventar o termo *célulafone*[173]?

A questão da avaliação instrumental tem sido abordada por vários autores (Jordà, 2004a, 2004b; O'Modhrain, 2011). É possível discriminar capacidades sonoras e características interactivas (Jordà, 2004c). Essa discriminação é sem dúvida esclarecedora e imprescindível, embora as excepções sejam frequentes. Sem dúvida que a complexidade dos dispositivos instrumentais também é bastante variável e preponderante; mas, como foi referido, existe uma dialéctica indivisível entre ferramenta e função, sendo numa última instância, a prática musical o factor derradeiramente decisivo. O próprio resultado sonoro deve ser enquadrado e Wanderley & Orio (2002, p. 62) questionam a própria avaliação instrumental sem ter em conta o contexto estético específico.

Mesmo com capacidades aparentemente limitadas, alguns instrumentos têm tarefas importantes em determinados estilos musicais (Jordà, 2004a). O berimbau de boca, por exemplo, faz parte do património sonoro de vários estilos musicais em todo o mundo, tendo sido inclusivamente utilizado em contexto mais erudito[174]. A clave tem um papel fundamental em determinados estilos latinos. Mesmo os designados "instrumentos brinquedo"[175] podem ser utilizados de forma complexa. A pianista Margaret Leng Tan construiu uma notável carreira como pianista de "brinquedos musicais". O seu percurso é muito mais que um mero esoterismo instrumental: relevante divulgadora da obra de Cage, detentora de um marcante registo discográfico[176], é uma incontornável referência na música de vanguarda.

Bowers & Archer (2005) propõem o conceito de infra-instrumentos, como oposição a hiper-instrumentos e meta-instrumentos. É assumido o potencial interactivo restrito e escassas possibilidades de virtuosismo convencional. São a prática e estética musicais que determinam a pertinência destes instrumentos e os seus limites dependem dos limites do seu contexto musical.

---

[173] No sentido da mais pequena unidade instrumental dentro do *corpus* organológico.

[174] Johann Albrechtsberger compôs sete concertos com este instrumento. Charles Ives incluiu-o na sinfonia na composição orquestral "A Symphony: New England Holidays" (https://en.wikipedia.org/wiki/Jew%27s_harp#Western_classical_music).

[175] Do inglês "toy instrument".

[176] http://margaretlengtan.com/pages/recordings.html

Em contraponto encontram-se dispositivos sonoros com elevado potencial sonoro e desenho instrumental notável, mas que por vários motivos a prática musical não adoptou como meios de expressão musical. Assim sendo, é de reter que "A mera presença de um instrumento finamente calibrado não garantirá o seu uso expressivo" (Dobrian, Koppelman, & Kop, 2006, p. 278). Na verdade a profusão de novos dispositivos instrumentais não tem sido acompanhada pela utilização musical equivalente. Muitas serão as razões que alimentam esse fenómeno e uma delas será, certamente, a falta de prática musical ou um contexto musical mais integrador.

Convém também observar a ascensão e queda de vários instrumentos musicais subjacentes a determinados períodos históricos. Não que a maior parte deles se tenha tornado obsoletos ou ultrapassados, antes pelo contrário, continuam a ser instrumentos magníficos. O que mudou foi o contexto musical, o aparecimento de novas correntes estéticas, a necessidade de novos meios de expressão.

Por isso, recapitulando a importância do contexto musical, por mais possibilidades instrumentais que surjam, é o contexto e a prática musical que determinarão a pertinência dos mesmos. O mais extraordinário de um instrumento é, precisamente, a música para ele feita e por ele executada.

Conclusão

Como remate surge a seguinte pergunta: quais os limites do conceito de instrumento musical? Respeitando as quatro condições prévias (capacidade sonora, intencionalidade, operacionalidade e controlabilidade), o limite do conceito de instrumento musical coincide com o próprio conceito de música, não sendo fácil de estabelecer um limite concreto.

No seio dos IME, existe um conceito muito amplo e abrangente de contexto sonoro e musical. O conceito de música não é universalmente concordante, assim como o conceito de instrumento musical. A fronteira entre um dispositivo musical e um dispositivo sonoro está precisamente no limite do que é considerado som e música. É o contexto musical, em última instância, que dá sentido e traça o limite do que poderá ser considerado um instrumento musical.

2.1.6. *Input* e *output* instrumental

Uma questão interessante, e conceptualmente muita cara aos IME, é a questão do *input* e *output* instrumental. A mesma já foi abordada anteriormente a propósito do controlo instrumental, sendo agora desenvolvida no sentido de perceber a dinâmica geral dos instrumentos musicais.

Esta secção destina-se aos instrumentos musicais, sejam eles acústicos ou electrónicos. Os aspectos mais específicos de cada um destes universos e

desenvolvimentos esquemáticos subsequentes serão tratados nas secções "2.2.4 – *Input* e *output* acústico" e "2.3.8 – Esquematização *Input-Output*". Para já o fundamental é perceber a orgânica geral de uma acção sobre um dispositivo (*input*) e um resultado sonoro consequente (*output*).

De modo a compreender melhor os diversos tipos de *input* e *output* instrumental, uma série de esquemas irá ser apresentada. Na Figura 25 observa-se uma depuração esquemática da Figura 23 (p. 62), ou seja, o ponto de partida conceptual de instrumento musical. O primeiro passo da depuração consiste em fazer um centramento no dispositivo em si. No *input* instrumental está inerente uma acção humana; no *output* instrumental está inerente um resultado sonoro. O segundo passo da depuração consiste apenas na substituição dos termos *input/output* por *in/out*. Doravante, em termos esquemáticos, as expressões mais sintéticas substituirão as mais extensas, permanecendo estas últimas apenas em contexto de texto integral. De todas as maneiras será fácil entender as expressões mais sintéticas, funcionando como abreviaturas das mais extensas, sendo o termo de utilização decidido pelos contextos atrás descritos.

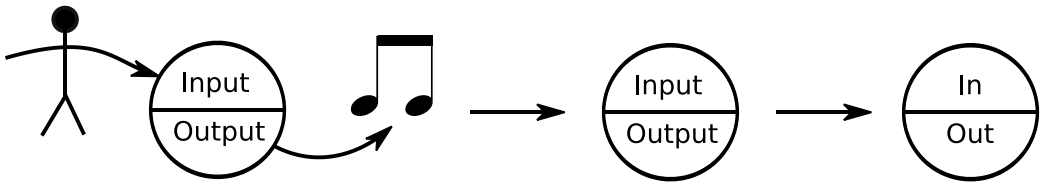


Figura 25. Depuração esquemática *In-Out*.

Em termos conceptuais há que considerar que entre o *input* e o *output* há uma intermediação ou ligação (Figura 26). Seja o mecanismo de excitação sonora nos instrumentos acústicos, seja um processo conducente à geração nos instrumentos electrónicos. É simultaneamente o ponto de fronteira e de união das duas parcelas.

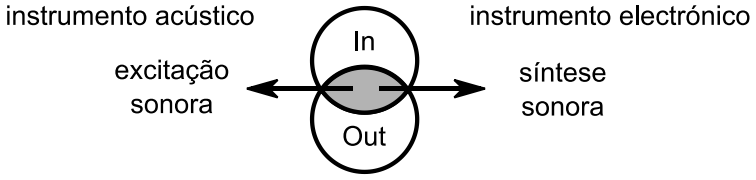


Figura 26. Intermediação *In* e *Out*.

O esquema da Figura 26 encontra-se dividido em duas laterais: uma dedicada aos instrumentos acústicos, outra dedicada aos instrumentos electrónicos. Entre o *input* e o *output* realizam-se processos equivalentes, embora feitos de maneiras diferentes.

Nos instrumentos acústicos o processo de *input-output* é interligado e inseparável. Este processo é regido pela fisicalidade dos materiais e respectivo desenho instrumental.

Há qualquer coisa partilhada entre eles que não é possível separar. Sobre este aspecto, Miranda & Wanderley esclarecem do seguinte modo:

> This separation between gestural controller and sound generation unit is impossible with tradition acoustic instruments, where the gestural interface is generally also part of the sound production unit[177] (Miranda & Wanderley, 2006, p. 4)

Daí resulta uma depuração esquemática onde há uma intersecção obrigatória entre as duas parcelas (Figura 27).

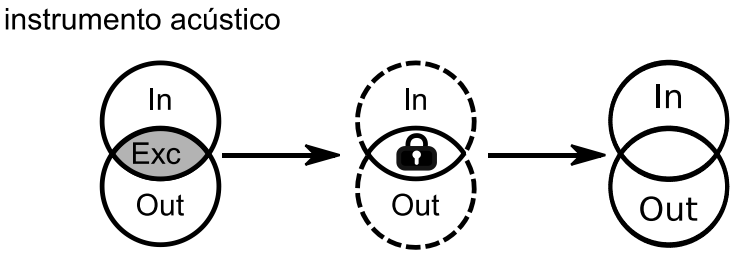


Figura 27. Depuração esquemática *in-out* dos instrumentos acústicos.

Nos instrumentos electrónicos existe uma separação entre o *input* e o *output*. Não existe uma causa directa inequívoca entre aquilo que entra e aquilo que sai. É necessário endereçar aquilo que entra e transformá-lo em algo que sai. Apesar desta relação de entrada-saída parecer, muitas vezes, completamento interligada, na verdade existe uma relação artificial entre elas. A energia transmitida pelos gestos do instrumentista não se destina directamente a ser convertida em som. Por isso existe separação conceptual das parcelas *input-output*, tal como mostrado na Figura 28. A energia do instrumentista é convertida em ordens de grandeza, parâmetros e instruções para posterior conversão e geração sonora. Essa conversão pode ser feita de forma analógica (instrumentos analógicos) ou codificada (instrumentos computacionais ou digitais).

[177] "Esta separação entre controlador gestual e unidade de geração sonora é impossível nos instrumentos acústicos tradicionais, onde a interface gestual é também geralmente parte da unidade de produção sonora" (Miranda & Wanderley, 2006, p. 4).

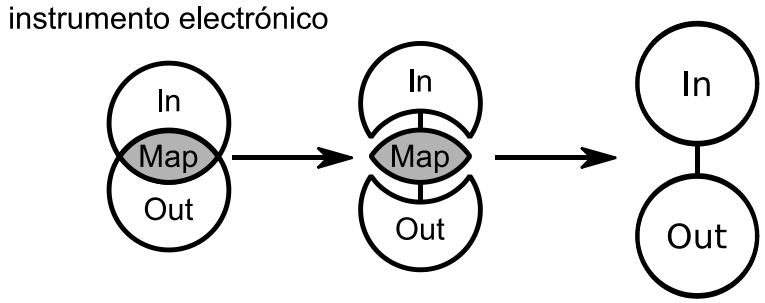


Figura 28. Depuração esquemática *in-out* dos instrumentos electrónicos.

2.1.7. Conclusão

Definir um instrumento musical, mesmo circunscrito ao seu aspecto mais físico, é um exercício sempre em aberto. Para além da questão linguística, é preciso reconhecer a existência de vários pontos de vista: o seu entendimento conceptual, propriedades intrínsecas, função musical, prática musical e do próprio conceito de música.

Ainda assim, é importante perceber os seus aspectos conceptuais mais primordiais, no sentido de compreender a evolução dos dispositivos sonoros e musicais, sobretudo numa época em que a evolução tecnológica está a mudar as coisas – objectos, dispositivos e sistemas, físicos ou virtuais – de forma extraordinária e inelutável.

2.2. INSTRUMENTO ACÚSTICO

Depois da reflexão sobre o conceito geral de instrumento musical, uma outra vai ser dedicada aos chamados instrumentos acústicos. Esta análise conceptual surge também como base e ligação à futura reflexão sobre todos os outros instrumentos não incluídos nesta categoria, aquilo que comummente se designa por instrumentos electrónicos.

Neste subcapítulo vão ser abordadas questões terminológicas, possível definição instrumental acústica, características basilares e esquematizações conceptuais.

2.2.1. Terminologia acústica

A designação "instrumento acústico" será forçosamente posterior à designação de "instrumento electrónico", surgindo como reverso desta última. Antes disso, todos os instrumentos musicais eram acústicos de forma inerente, não havendo necessidade de tal distinção. Naturalmente eram designados por "instrumento musical" ou mais simplesmente por "instrumento".

A designação "acústico" encerra em si um paradoxo terminológico: como os termos "acústico" e "sonoro" têm um uso similar, no fundo todos os instrumentos musicais são acústicos, não havendo instrumentos musicais fora desse âmbito. O termo acústico vem do grego *akoustikós* e significa "relativo ao ouvido ou à audição"[178]. O que está inerente na designação de instrumento acústico é a sua fisicalidade acústica natural.

Uma designação alternativa a "instrumento acústico" é a designação "instrumento tradicional". A sua utilização é profusamente encontrada na literatura dos IME, embora o seu nascimento não seja forçosamente posterior à época da *electrofonia*. Compreende-se perfeitamente o espírito da expressão "tradicional", ligada à fisicalidade acústica instrumental. Mas, também aqui, se encontra uma hipotética contradição. O termo "tradicional" está estreitamente interligado com "convencional" ou "ortodoxo", o que pode levar a interpretações ambíguas. Um órgão electrónico poderá ser considerado mais tradicional que, por exemplo, o *canon melódico-harmónico*[179] (Figura 29). Neste caso entende-se como tradicional no sentido de uma prática e mimetização instrumental, em que tudo se manteve excepto a geração sonora por meios acusmáticos; tradicional

[178] http://www.priberam.pt/DLPO/ac%C3%BAstico

[179] https://www.youtube.com/watch?t=64&v=3iOFYVEkYQ8

também no sentido de convencional, nomeadamente pela sua maior disseminação instrumental. Por isso, e dentro do contexto electrónico, Marchany & Tront (1992, p. 89) designam como controladores instrumentais não-tradicionais (*Hands* de Waisvics, *Rolky* de Johnstone, *Bio-Muse* de Knapp & Lusted, *Thunder* de Buchla) aqueles fora do desenho instrumental "tradicional".

Para melhor definir o âmbito instrumental, e tendo em conta o contexto dos instrumentos electrónicos, vários autores utilizam a designação "instrumentos tradicionais acústicos" ou até mesmo "instrumentos musicais acústicos tradicionais"[180], para delimitar da forma mais exacta possível o âmbito de análise.



Figura 29. (1) Órgão electrónico *Allen*[181] e (2) *Canon melódico-harmónico*[182].

A propósito do seu trabalho de desenvolvimento de novos instrumentos electrónicos baseados em instrumentos tradicionais asiáticos[183], Nagashima (2007, p. 250) utiliza a designação "instrumentos musicais tradicionais" para referir instrumentos de tradição etnográfica e "instrumentos musicais naturais" para designar genericamente instrumentos acústicos. Esta última designação é merecedora de análise.

Como foi referido anteriormente, os instrumentos acústicos são geradores sonoros cuja excitação sonora deriva da fisicalidade acústica dos seus materiais. Essa naturalidade acústica pode ser caracterizadora deste tipo de instrumentos. Nesse caso, e fazendo o exercício de designar "instrumento acústico" apenas numa palavra, *naturofone* seria uma opção revestida de interesse. Tirando o facto de, evidentemente, se tratar de uma palavra neófita, ela suscita, contudo, algumas dúvidas. Tanto pode ser entendida como categorizadora de um objecto natural, no sentido de *não-transformado*

[180] "Traditional acoustic musical instruments" (Wessel & Wright, 2001).

[181] https://www.allenorgan.com/www/church-organs/index.html

[182] http://www.chrysalis-foundation.org/h-m_canon.htm

[183] Japoneses, chineses e indonésios.

ou *não-construído* pelo ser humano; ou por outro lado, de um objecto transformado com as propriedades sonoras naturais atrás descritas. Assim sendo, poderiam surgir instrumentos duplamente naturais, como por exemplo conchas, chifres, paus ou pedras, ou seja, *instrumentos naturais encontrados*; ou instrumentos construídos ou transformados pelo ser humano cujo o som produzido resulta das características físicas naturais dos seus materiais.

Encerrando a reflexão terminológica, quer sejam "acústicos" ou "tradicionais", ou misturando ambos os termos, todos eles designam de forma abrangente os instrumentos que não são "electrónicos" ou "electrofónicos". Há uma conveniência tácita nestas designações e somente esmiuçando os seus significados se constata a falta de uma designação de consistência inabalável.

2.2.2. Definição de instrumento acústico

Pegando na definição enunciada na secção "2.1.3 – Definições básicas de instrumento musical", poder-se-á afirmar que, em termos gerais, um instrumento musical acústico é "um dispositivo[184] sonoro destinado a concretizar música através da excitação da fisicalidade acústica de uma determinada matéria ou corpo".

Está subentendida na definição anterior que o momento exacto de geração sonora não deriva directamente de nenhum tipo de energia eléctrica. A frase anterior destina-se a enquadrar os instrumentos acústicos com energia eléctrica auxiliar. Um órgão de tubos acústico, por exemplo, pode ter assistência eléctrica no seu mecanismo. Mas o que o torna acústico, é a passagem de ar por uma aresta ou palheta, ou seja, a sua excitação sonora permanece fisicamente natural.

2.2.3. Conceitos acústicos exclusivos

Os instrumentos acústicos encerram em si uma série de características singulares merecedoras de análise. Assim sendo, dentro do conceito acústico de instrumento, alguns conceitos exclusivos podem ser observados:

a) fisicalidade acústica natural: engloba as várias características físicas envolvidas na produção sonora: (1) excitador, (2) materiais do corpo e (3) caixa acústica. O resultado sonoro é um espelho das características dos materiais empregues, para além do seu desenho, construção e interacção instrumental. Nos instrumentos acústicos a relação entre estes três factores é bastante interligada, uma vez que a própria

[184] Neste caso poder-se-ia designar por artefacto ou objecto, uma vez que, ao contrário da definição geral, sendo acústico é dotado de fisicalidade.

construção orgânica de cada parcela tem influência em todas as outras. Há que observar, contudo, vários graus de interligação, como será abordado na subsecção "2.2.4.1 – Graus de interligação input-output".

b) Energia transmitida pelo executante: num instrumento acústico a geração sonora está normalmente dependente deste tipo de fonte energética, sem a qual não é possível produzir som. Existem algumas excepções, nomeadamente alguns tipos de órgãos, em que a energia é transmitida por agentes auxiliares que asseguram, por exemplo, a alimentação de ar ou ainda por sistemas hidráulicos[185]. Incluído as excepções atrás apontadas, a energia pode ser transmitida ao excitador[186] de forma pontual ou contínua.

> **i. Pontual** no sentido em que a energia é concentrada fundamentalmente no ataque do evento acústico, como no caso do piano, guitarra, harpa, xilofone, etc. O som extingue-se naturalmente de acordo com os materiais e desenho instrumental.
>
> **ii. Contínua** no sentido em que a energia, para além do ataque do evento acústico, tem de ser constantemente reforçada para o instrumento soar. Caso contrário o som extingue-se imediatamente, como acontece nos aerofones (ex.: flauta, clarinete, trompa) e cordas friccionadas (ex.: violino).

c) Paradigma um gesto para um evento acústico: resulta da interacção instrumental e da taxinomia acústica do artefacto. Existe uma causalidade transparente entre o gesto (*input*) e o resultado sonoro (*output*) e, como foi exposto anteriormente, trancada pela sua fisicalidade natural do dispositivo.

Um exemplo bastante singular de transmissão energética é o caso da gaita-de-foles, em que o gasto energético é desfasado da ganho energético, sem necessidade de interrupção sonora. O ar é acumulado num fole, sendo posteriormente utilizado na produção sonora. Neste caso, a energia acumulada é gasta de forma contínua sendo o seu armazenamento um misto de pontual (no sentido em que pode ser interrompido a qualquer altura, embora sem interrupção sonora obrigatória) e contínuo (no sentido em que o acumular de ar é espalhado no tempo, não estando forçosamente interligado ao

---

[185] Note-se o exemplo excepcional do órgão de tubos, que acaba por confirmar a regra. A injecção de ar pode ser efectuada através de um mecanismo independente da acção do instrumentista. É, provavelmente, o único instrumento acústico com capacidade de soar por tempo indeterminado, desde que haja injecção de ar e algo a pressionar as teclas.

[186] Não confundir energia transmitida com a acção gestual: nem toda a energia da acção gestual é transmitida ao excitador, como se verá no tópico "Orgânica energética" (p. 96).

início do evento sonoro). Estes exemplos serão retomados e desenvolvidos – ainda neste subcapítulo – no tópico "Orgânica energética" (p. 96).

2.2.4. *Input* e *output* acústico

A questão do *input-output* instrumental é nuclear na esquematização dos instrumentos electrónicos, sendo uma inovadora mais-valia conceptual que a investigação dos instrumentos acústicos pode usufruir. Já tinha sido referida, nomeadamente na secção "2.1.6 - *Input* e *output* instrumental", uma série de relações que agora vão ser aprofundadas.

Os instrumentos acústicos estão indelevelmente associados às leis da física acústica natural. A maneira como essa conceptualização é feita pode reflectir diferentes entendimentos sobre as relações de entrada e saída.

2.2.4.1. Graus de interligação input-output acústicos

É possível esquematizar, dentro do universo dos instrumentos acústicos, diversos graus de interligação entre *input-output* (Figura 30). Existem instrumentos cuja orgânica de *input-output* é de tal modo coincidente que facilmente se confunde, ou seja, ocupam o mesmo espaço instrumental. O exemplo mais paradigmático desta situação é a voz. Noutros instrumentos, por outro lado, a interligação *input-output* é mais indirecta ou artificial, sendo mais clara essa separação orgânica. O exemplo mais paradigmático desta situação é protagonizado pelo órgão de tubos. Neste caso, a separação é de tal ordem que é possível, nos casos mais complexos, reendereçar o *input-output*, sendo uma excepção no universo dos instrumentos acústicos.

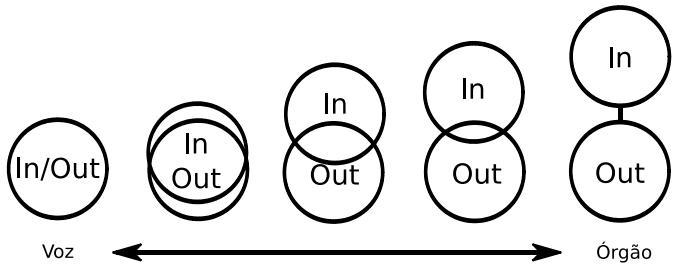


Figura 30. Diversos graus de interligação *in-out.*

Na voz – em sentido oposto –, tudo está interligado, ou melhor, sobreposto. Todas as partes do sistema vocal estão envolvidas solidariamente na esquematização *input-output*. Os pulmões, a língua, as cavidades nasais e os diversos músculos estão interligados de forma indissociável. O fulcro são as cordas vocais, mas o aparelho vocal, ou seja, o instrumento vocal, é uma entidade orgânica viva, solidária e indivisa. Berio distingue em 1977 três círculos musicais em torno do ser humano (voz, instrumentos

musicais e som electroacústico e computacional), sendo a voz a fonte sonora mais íntima, proveniente do interior do corpo (J.-C. Risset, 2007, p. 3).

Voltando aos instrumentos não corporais, um exemplo interessante de sobreposição *input-output* é o pau-de-chuva (Figura 31, exemplo 1). Este instrumento pode ser manuseado em qualquer parte da sua superfície. Ao ser um instrumento sacudido e autofónico, é a sua estrutura como um todo que funciona simultaneamente como *input-output* instrumental. A sua estrutura interior é constituída por uma armação que atenua e torna difuso o chocalhar do seu enchimento (sementes, grãos, areia, etc.). Daí resulta uma certa uniformidade sonora, qualquer que seja a parte manuseada, toda ela *input* e *output*.

Outro exemplo interessante é caso do *egg shaker* (Figura 31, exemplo 2). Devido à sua morfologia (forma e tamanho de ovo), o seu manuseamento ajusta-se perfeitamente à palma da mão. O seu *input* gestual é unificado no seu todo, embora permita obter sonoridades mais diferenciadas e ritmicamente definidas comparativamente ao pau-de-chuva. O seu timbre pode ser facilmente moldado pelo seu manuseamento: mais aberto quando segurado pelos dedos; ou mais abafado quando envolvido pela palma da mão. A precisão rítmica deriva do seu interior despojado de estruturas de atrito.

Nem todos os instrumentos com a aparente simplicidade do pau-de-chuva e do *egg shaker* apresentam a mesma unicidade *input-output*. Um apito, como exemplo e considerando a sua utilização musical – como o samba –, tem a sua secção de *input* instrumental bem definida: nenhum silvo sonoro será produzido senão através do seu orifício de sopro.



Figura 31. Idiofones sacudidos: (1) Pau-de-chuva[187]; (2) *Egg Shaker*[188].

[187] https://pt.wikipedia.org/wiki/Pau-de-chuva#/media/File:Rainstick_01.png

[188] http://ninopercussion.com/instrument/egg-shaker-assortment-ninoset540

Em suma, o pau-de-chuva e o *egg shaker* são dois exemplos de união *input-output*, num certo sentido, análogos ao da voz. A grande diferença é que na voz, ao ser um instrumento animado, há uma plasticidade moldável, uma orgânica biológica e um posicionamento no corpo humano inatingível a qualquer instrumento inanimado. De notar que, nos casos do pau-de-chuva e do *egg shaker*, o tamanho, simplicidade do mecanismo e parâmetros sonoros contribuem para esta unicidade conceptual.

O lado oposto da interligação instrumental encontra-se o órgão de tubos. Neste instrumento, considerando os seus exemplares mais complexos, a separação *input-output* aumenta até ao ponto de ser possível separar fisicamente ambas as partes. A aquisição gestual pode ser feita por um ou vários teclados e pedaleira, sendo possível, pelos menos conceptualmente, colocar o *output* instrumental num sítio remoto, ou seja, num local onde nem o seu som e ressonância estariam em contacto com o instrumentista, ou seja, em contacto com a parte de aquisição gestual do *input* instrumental.

No órgão de tubos é também extraordinário tudo aquilo que pode ser incluído no *output* instrumental: para além do limite físico do instrumento, todo o seu espaço acústico envolvente pode ser entendido, em sentido lato, como fazendo parte do *output* instrumental. Esta situação vai ser desenvolvida no tópico "Espacialização do sistema ressoador" da subsecção "2.2.4.2 – Esquemas input-output complementares".

Assim sendo, o órgão é um dos pouquíssimos exemplos de instrumento acústico com possibilidade de separação total *input-output*. Uma consola de órgão pode ter, em termos conceptuais, a mesma função que um controlador de teclas tem no seio de um instrumento electrónico.

Foram apresentados e exemplificados dois extremos de interligação input-*output* instrumental: um tendente à sobreposição, outro tendente à separação. No meio destes extremos será possível aferir diferentes graus intermédios. Um violino terá um maior grau de interligação que um piano; mas mais afastado que a voz. São vários os factores que poderão contribuir para esta situação, nomeadamente o desenho instrumental. Mas por uma questão de linha condutora, o objectivo desta subsecção foi tão só aferir a existência de dois pólos opostos e deduzir a existência de situações intermédias.

Uma observação final é que, nos instrumentos acústicos, a parte conceptual do *input* é de mais fácil delimitação do que a do *output*. Em termos físicos, a parte destinada à interacção gestual pode ser localmente circunscrita ou delimitada pela interacção humana. Já o *output* instrumental, especialmente a ressonância acústica, espalha-se tendencialmente por todo o instrumento. Na verdade a propagação do som é omnidireccional e, como tal, tende a envolver o instrumento no seu todo. Nos instrumentos electrónicos o processo de *output* instrumental é mais delimitado: a

necessidade de utilização de altifalantes na concretização sonora torna esta parte mais localizada e circunscrita[189].

2.2.4.2. Esquemas input-output complementares

O facto dos IME poderem ser seccionados e não dependerem da fisicalidade acústica dos seus materiais, levou à necessidade de estabelecer diversas esquematizações, proporcionando um olhar renovado à orgânica instrumental. Aproveitando o tipo de reflexão da esquematização instrumental, novas relações poderão ser analisadas e aplicadas aos próprios instrumentos acústicos.

Espacialização do sistema ressoador

Os instrumentos acústicos necessitam de um sistema, câmara ou dispositivo ressoador da excitação sonora. Essa parte dedicada à amplificação sonora passa, inúmeras vezes, despercebida. Uma das razões poderá derivar da orgânica soberba e desenho instrumental de tantos instrumentos musicais. Convém observar que todo o corpo do instrumento participa na propagação do som, independentemente de fazer parte do sistema ressoador. Mas a tipologia ou modo de ressonância pode apresentar diferenças significativas. Assim sendo, entende-se por grau de espacialização do sistema ressoador como o lugar e a preponderância que este ocupa na amplificação sonora do instrumento e consequente transmissão para o espaço circundante.

Procurando exemplos ilustrativos, é visualmente clara a acoplagem de sistemas ressoadores a sistemas de excitação sonora, como no caso do berimbau (Figura 32, exemplo 1). Visualmente sugere a junção de um arco e flecha com uma cabaça, dois objectos que podem ter uma funcionalidade diferente quando separados. No caso do *erhu* (Figura 32, exemplo 2), apesar do seu sistema ressoador ser visualmente mais integrado, não deixa de ser um exemplo ilustrativo de um sistema ressoador de fácil identificação.

[189] Falando em termos de dispositivo unitário, altifalantes incluídos.



Figura 32. Exemplos de sistemas ressoadores organicamente destacados: (1) Berimbau (Brasil)[190]; (2) *Erhu* (China)[191].

No caso dos órgãos de grandes dimensões – no extremo oposto –, o espaço circundante pode ser considerado, pelo menos em sentido lato, parte integrante do sistema ressoador. Segundo Davies, "nem todos os órgãos acústicos soam bem nos espaços onde foram instalados e, quanto a isso, pouco pode ser feito" (Davies, 2001a, p. 87). No caso dos órgãos electrónicos pode haver ajustes na reverberação electrónica ou na disposição e qualidade dos altifalantes sonoros. Eles podem ser colocados em qualquer posição vantajosa em termos de conveniência e acústica (Orton & Davies, 2001a, p. 107).

O caso do órgão de tubos reveste-se de interesse particular, tal como já tinha sido abordado na subsecção "2.2.4.1 – Graus de interligação input-output acústicos". Pegando no exemplo concreto do órgão da sala de concertos da Filarmónica de Berlim, percebe-se que o instrumento está enquadrado com a arquitectura geral do espaço, com o seu posicionamento lateral em relação ao palco (Figura 33, exemplo 1). A sua consola é amovível (Figura 33, exemplo 2), sendo posicionada no centro do palco em situação de concerto (Figura 33, exemplo 3) e retirada do mesmo para dar lugar a outro tipo de formações instrumentais ou orquestrais.

[190] http://www.capoeira-auvergne.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2013/11/berimbaus04.jpg

[191] http://www.metmuseum.org/collection/the-collection-online/search/500616?rpp=30&pg=1&rndkey=20160110&ft=*&what=Erhu&pos=2&imgno=0&tabname=label



Figura 33. Órgão na sala de concertos da Filarmónica de Berlin: (1) Panorâmica da sala[192]; (2) Consola amovível[193]; (3) Panorâmica da sala com consola amovível[194]. Nota: tubos destacados com semicírculos.

Na Figura 34 estão esquematizados vários graus de espacialização *input-output*. No caso da voz (1), temos o grau mínimo de espacialização sonora das duas parcelas: há uma intersecção completa entre o *input-output* instrumental, à semelhança do que foi mostrado anteriormente na Figura 30 (p. 79).

No extremo oposto à voz, o órgão de tubos (4) representa o grau máximo de destacamento entre o *input-output* instrumental. Entenda-se um órgão de grandes dimensões, como o exemplo mostrado na Figura 33. Nesse caso, tendo em conta as dimensões e complexidade destes instrumentos, a sua construção deve também ter em conta o espaço onde são instalados. Neste caso há que considerar dois tipos de *output* instrumental: um em sentido mais estrito, correspondente ao dispositivo instrumental (*output/1*), outro em sentido mais lato, correspondendo ao espaço envolvente ao dispositivo (*output/2*). De referir que este *output* secundário justifica-se também pela

[192] http://www.berliner-philharmoniker.de/fileadmin/resources/public/contentImages/50JahrePhilharmonie/fade/05_v2.jpg

[193] http://www.schuke-berlin.de/en/orgeln/berphil.htm

[194] https://www.youtube.com/watch?v=EFz98KLHIqY

inamovibilidade deste tipo de instrumento: uma vez instalado, o próprio local funcionará como ressoador de forma perene.

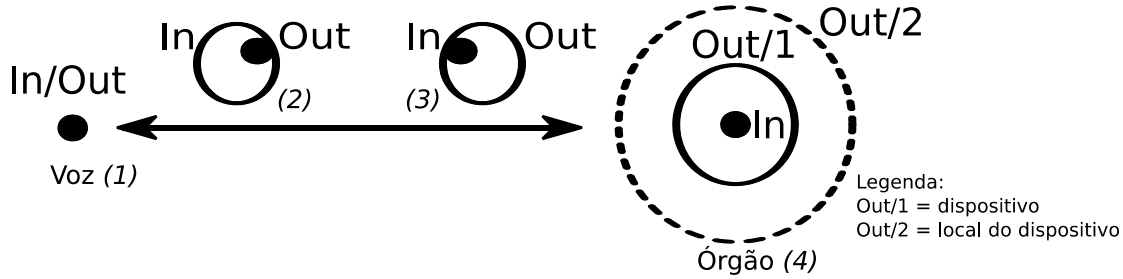


Figura 34. Espacialização instrumental *in-out*: (1) intersecção total *in-out*; (2) *Out* circunscrito; (3) O*ut* alargado; (4) *Out* alargado no dispositivo e local do dispositivo.

Ainda no âmbito da Figura 34, encontram-se esquematizadas duas situações intermédias. Uma corresponde a uma situação onde o *output* é circunscrito (2), ou seja, o sistema de ressonância é circunscrito apenas a uma parte do instrumento. Encaixam-se neste âmbito os exemplos do berimbau e o *erhu* (Figura 32). Outra situação corresponde a um *output* espalhado (3), ou seja, o sistema de ressonância abrange, *grosso modo*, a totalidade do corpo. A maioria dos instrumentos acústicos encontram-se dentro deste âmbito.

Para finalizar importa referir que o próprio som dos sistemas de ressonância é influenciado pelo seu entorno acústico. O que anteriormente foi referido como, por exemplo, "o decair acústico natural do som", pode ser influenciado pela própria reverberação do espaço onde se encontra. Todavia, tirando os instrumentos inamovíveis, não deve ser considerado esse *output* secundário. Deve ser tido em conta que, na maioria dos instrumentos, essa situação é de índole temporária, uma vez que a portabilidade permite a sua execução em espaços acústicos diversificados. Apenas os instrumentos como órgão de tubos, gongos gigantes e carrilhões[195] estão forçosamente ligados ao espaço onde estão instalados. É essa a pertinência da esquematização anterior.

Mecanicismo

A generalidade dos instrumentos acústicos – excluindo desde já dispositivos automáticos[196] –, não são percepcionados especificamente como "máquinas", mas sim

[195] Carrilhões de sinos presentes em conventos e igrejas, como os carrilhões de Mafra. Não confundir com o carrilhão tubular – também designado por sinfónico ou de orquestra –, utilizado em contexto orquestral.

[196] Pianolas, caixas de música, entre outros.

como “objectos” com características próprias destinadas a concretizar som em contexto musical. O conceito de máquina é deveras interessante, pois em relação aos conceitos de objecto, instrumento ou coisa, pressupõe a existência de uma mecanismo ou maquinismo. Uma definição genérica de máquina vai ser apresentada:

> 1. Aparelho destinado a produzir movimentos ou a transformar determinada forma de energia. 2. Instrumento ou aparelho formado de peças móveis.[197]

Analisando estas entradas, o que mais se destaca são as palavras “movimento” e “peças móveis”. Os gestos do instrumentista são, por definição, portadores de movimento. E a transformação de energia cinética em som, também está implícito no conceito de instrumento acústico. O mais relevante será a existência de peças móveis que transmitem – em parte ou no seu todo – o movimento gestual. De notar, contudo, que nem todos os instrumentos têm peças móveis: o *cajón* ou um *djambé*, apenas como exemplos, não as possuem.

Prosseguindo a análise, esta investigação define “peça” como um elemento pertencente a um todo cuja falta compromete o seu funcionamento pleno. Existe uma dúvida conceptual no que diz respeito aos objectos externos associados aos vários instrumentos: o arco do violino, a baqueta da tímpano, a vareta do triângulo ou o plectro da guitarra. Todos estes instrumentos podem ser tocados directamente com a mão, embora o som produzido seja, obviamente, diferente.

Assim sendo, uma questão pertinente será aferir se estes utensílios devem ser considerados como parte do instrumento ou algo à parte. Talvez a resposta mais adequada deva ser a seguinte: fazem parte da execução estandardizada do instrumento, não fazendo estritamente parte dele. De facto, todos os exemplos instrumentais anteriores pode ser tocados sem eles. O que muda é a maneira de tocar e o som por eles emitido. Será a prática musical e o conceito instrumental a decidir possíveis diferendos. Antes de prosseguir, convém observar o seguinte: todos os utensílios auxiliares atrás referidos influenciam fortemente a intensidade, timbre e duração do som produzido. Mas não a sua altura. Este pode ser um critério interessante para que possam ser considerados utensílios externos, embora necessite maior reflexão.

Voltando ao assunto central, o mecanicismo é entendido, para esta investigação, como o grau de complexidade da estrutura mecânica envolvida entre a aquisição gestual e o resultado sonoro. É um conceito muito próximo do grau de interligação *input-output* atrás abordado, embora mais especificamente ligado ao funcionamento interno.

---

[197] **"máquina"**, in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, https://www.priberam.pt/DLPO/m%C3%A1quina [consultado em 03-05-2017].

É importante referir que existem vários graus de mecanicismo, embora o objectivo seja constatar a sua existência, sem definir concretamente quais os graus intermédios. Além disso – e como se verá mais há frente –, podem ser considerados vários tipos de mecanismos ou vários tipos de funções. Fazendo uma analogia com os automóveis – e apresentando um caso hipotético –, um determinado fabricante lança um modelo com duas versões: (1) tracção dianteira com as quatro rodas direccionais; (2) tracção integral com direcção convencional às rodas da frente. Tudo o resto é igual. Sem entrar em detalhes técnicos, em termos gerais, poder-se-á dizer que têm o mesmo grau de complexidade mecânica, embora aplicados a coisas diferentes: um ligado à direcção, o outro à tracção. Esta analogia serve para ilustrar que as comparações são bastante gerais e situam-se principalmente na ordem das ideias, e não em aspectos muito específicos e tecnológicos.

Passando a exemplos concretos, a harpa e o piano são ambos constituídos por uma armação de cordas na qual é exercida uma acção excitadora. É, sem dúvida, um bom exemplo de como uma estrutura similar pode ser manipulada de forma mais directa ou indirecta. No piano a acção do martelo na corda é antecedida por uma mecanismo transmissor da energia do instrumentista. No caso da harpa a excitação sonora é dedilhada, ou seja, feita directamente pelo executante.

Por defeito, o instrumento com maior grau de mecanicismo será o órgão de tubos. A sua configuração pode ser muito variada e extremamente complexa. Um bom exemplo desta situação é o órgão da Sala de Convenções de Atlantic City[198], constituído por 7 manuais, 852 registos e 33144 tubos[199]. O número total de estruturas, mecanismos e peças envolvidas será, certamente, impressionante.

O esquema da Figura 35 representa diferentes graus de complexidade mecânica. O espaço simbólico desse conceito situa-se entre o momento da aquisição gestual (*input*) e o resultado sonoro (*output*). Há, contudo, uma pequena subtileza em relação ao *output*: enquanto que o momento da aquisição gestual pode ser exactamente definido no momento do contacto instrumental, o *output* sonoro pode ser constituído pela excitação sonora e pela modulação adicional do som produzido. O órgão de tubos e o vibrafone podem ter mecanismos com o intuito de produzir o efeito de *tremolo*[200]. O piano possui o pedal de sustentação que, para além do prolongamento sonoro, liberta todas as cordas da sua armação, vibrando por simpatia. Em suma, o que a Figura 35 pretende

[198] Atlantic City, New Jersey, Estados Unidos da América.

[199] http://database.organsociety.org/SingleOrganDetails.php?OrganID=14488

[200] Modulação rápida da intensidade sonora.

esquematizar é a existência de diferentes graus de mecanicismo existentes entre os espaços simbólicos de *input-output*.

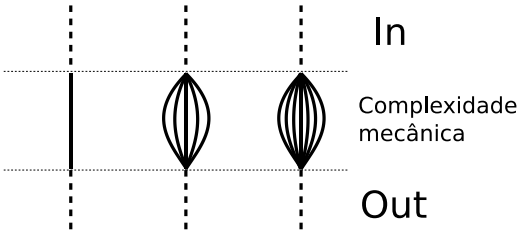


Figura 35. Complexidade mecânica.

Centralidade gestual

A centralidade da aquisição gestual está relacionada com o número mínimo de contactos gestuais necessários para produzir um único som.

Existem instrumentos onde o evento sonoro é accionado de forma gestualmente centralizada, isto é, basta agir num determinado ponto para obter um evento sonoro, tanto em termos quantitativos (intensidade) como qualitativos (frequência, timbre e micro-afinação). No órgão e no piano, por exemplo, o premir de uma tecla acciona um determinado evento sonoro. O mesmo se passa com a harpa e em diversos instrumentos de percussão.

Outros instrumentos requerem uma descentralização gestual, ou seja, a necessidade de haver dois gestos diferentes e simultâneos para se obter um único som. Na grande maioria dos instrumentos de sopro existe uma divisão entre (1) a energia transmitida para a excitação sonora (mecânica energética) e (2) o controlo da altura sonora pretendida (mecânica instrutória)[201]. Em termos simplificados[202], a energia destinada à excitação sonora é transmitida pelo sopro, controlando directamente a intensidade do som. Já a altura é manipulada pelas mãos, que accionam as chaves. O mesma lógica está presente em todas as cordas, sopros e corpos vibrantes em que a mesma parte do corpo é excitada para obter diferentes alturas sonoras.

No caso da guitarra eléctrica, por exemplo, a aquisição gestual pode ser tripartida: mão esquerda para controlar altura, mão direita para o ataque da nota e um dos pés para accionar o pedal de volume.

[201] Excepção feita a alguns instrumentos de sopros como cornos, trompas naturais e trompetes harmónicos, onde a altura do som é definida apenas pela pressão labial/bucal.

[202] A embocadura e a pressão do ar também influenciam a altura, nomeadamente os parciais.

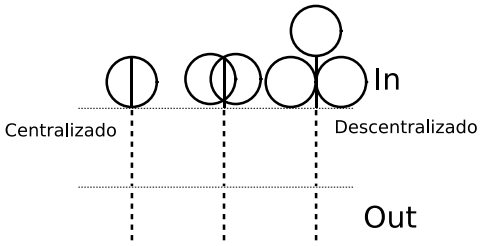


Figura 36. Esquematização da centralidade de aquisição gestual.

De notar que esta análise considera a lógica de centralização baseada na tipologia corporal utilizada pelo instrumentista em conjunção com o local e função de aquisição gestual, não devendo ser confundida com o número absoluto de contactos físicos possíveis. Assim sendo, num piano, quando executado apenas pelas teclas, a aquisição gestual é centralizada, independentemente de ser feita com uma ou ambas as mãos, qualquer que seja o número de dedos utilizados. A utilização dos vários dedos de ambas as mãos apenas multiplica o factor base: o número mínimo de contactos para produzir apenas um único som. Se for considerada a utilização dos pedais então, nesse caso, é descentralizada. São funções instrumentais (libertação da caixa harmónica) e tipologias corporais diferenciadas (pés). No caso do órgão, a utilização da pedaleira na execução de notas pode ser entendida como funcionalmente similar à utilização das mãos nos manuais. Contudo, também pode ser considerada descentralizada, pelo menos em sentido lato, uma vez que a utilização do pés é, em termos corporais, bem diferenciada das mãos[203].

Grau de discrição-continuidade

O grau de discrição e continuidade pode ser alvo de esquematização. É possível distinguir instrumentos contínuos (voz, violino, trombone de varas) e discretos (órgão, piano). Existem também instrumentos parcialmente discretos ou contínuos (guitarra, diversos instrumentos de sopros), designados neste ponto da investigação por instrumentos mistos. No subcapítulo "2.4 – Discreto vs. Continuum" a temática das diferentes associações de discrição e continuidade será descrita de forma mais pormenorizada.

[203] Nesse sentido a bateria deve ser considerada um instrumento altamente descentralizado, uma vez que a função de cada membro do instrumentista pode ser bastante diferenciada. Esta acepção esbarra com o enunciado da investigação, que considera a centralidade gestual aplicada à obtenção de um único som, como se fosse um denominador sonoro mínimo. Há, contudo, de ter em consideração que a bateria é um instrumento poliorgânico, ou seja, pode ser considerado como a junção – com uma configuração mais ou menos variável – de vários instrumentos singulares.

Na Figura 37 estão esquematizadas os três graus de discrição-continuidade anteriormente apontados, quer em termos de *input*, quer em termos de *output*. É importante relembrar que, embora pertencentes a partes físicas do instrumento, são espaços simbólicos em termos de esquematização.

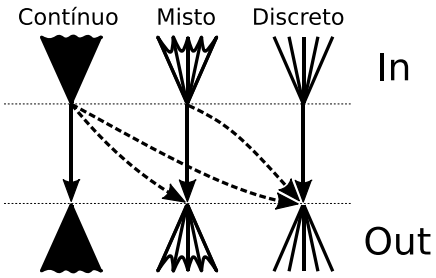


Figura 37. Esquematização *in-out* de elementos contínuos, mistos e discretos.

Antes de prosseguir, é necessário relembrar que esta investigação, ao ser dispositivo-centrada, coloca bastante ênfase no próprio dispositivo, embora haja, na realidade, aspectos partilhados com domínio gestual. Para clarificar este aspecto há que distinguir a (1) "energia gestual do instrumentista" da (2) "energia gestual adquirida pelo dispositivo instrumental". A primeira situação diz respeito aos gestos dos instrumentista, qualquer que seja a sua natureza, feitos até ao preciso momento do contacto instrumental, entendido neste esquema como o início do *input* instrumental. A segunda situação diz respeito ao tipo de capacidade de aquisição gestual do instrumento e consequente encaminhamento energético e instrutório no seu mecanismo. Neste caso corresponde ao espaço simbólico entre a gestualidade capturada (*in*) e o momento da excitação sonora (*out*). Assim sendo, nem toda a energia exercida pelos gestos é necessariamente adquirida pelo instrumento.

Uma outra situação que necessita de clarificação é o graus de discrição-continuidade gestual dos instrumentistas. Sobre este assunto, esta investigação considera o seguinte: (1) os gestos dos instrumentista são todos eles contínuos, (2) podendo a acção gestual ser exercida na superfície de aquisição gestual de forma contínua ou pontual. A explicação desta afirmação divide-se em duas partes, tal como o atrás exposto.

Começando pela segunda parte da frase, ela diz respeito ao que foi abordado na alínea b) da subsecção "2.2.3 Conceitos acústicos exclusivos". Recapitulando sinteticamente, a explicação está relacionada com o modo de temporalidade da energia transmitida pelo executante (contínua ou pontual).

A primeira parte da frase necessita de uma explicação mais pormenorizada. Quando se afirma que os gestos dos instrumentistas são todos contínuos, diz respeito à natureza orgânica – em termos fisiológicos – e irrepetível da gestualidade humana. A tentativa física de fazer dois gestos perfeitamente iguais esgota-se numa infinidade de

gradações gestuais tendencialmente semelhantes, mas nunca verdadeiramente iguais. Os gestos humanos resultam da coordenação de variados elementos fisiológicos e, como tal, nenhum ser humano consegue fazer, de forma repetida, exactamente o mesmo gesto. Estão envolvidos demasiados músculos, articulações e material biológico flexível para que tal possa suceder. Além disso, todas as partes fisiológicas envolvidas num único gesto realizam a sua função de forma coordenada mas em tempos diferentes. O momento do contacto gestual pode ser temporalmente circunscrito, mas tudo o que antecede e sucede é ligado de forma contínua.

Este facto não constitui, por si mesmo, nenhuma desvantagem: a extraordinária sensibilidade táctil e fineza de movimentos possibilita uma plasticidade e reajustamento gestual deveras impressionante. Exemplificando o que foi dito, nenhum atleta pode fazer exactamente o mesmo salto em altura, da mesma maneira que nenhum artista plástico consegue fazer exactamente o mesmo gesto quando utiliza o pincel. Em contrapartida o atleta consegue reajustar continuamente os seus gestos de acordo com o desenrolar da corrida (posicionamento estratégico, gestão de esforço, condições atmosféricas); tal como o pintor ajusta o seu gesto de acordo com a massa e inércia do seu pincel, a viscosidade da tinta, o atrito da tela e o resultado visual. Convém referir todo este contexto gestual é puramente fisiológico. Este fluir gestual é tão natural que o contrariar deste princípio – como as posturas das "pessoas estátua"[204], os movimentos robóticos em seres humanos e certos tipos de danças quebradas[205] – captam tanto a atenção.

Existem também gestos simbólicos, esses sim, perfeitamente repetíveis. A linguagem gestual permite expressar palavras, números e indicações repetíveis. Já a expressividade dos gestos simbólicos, é irrepetível. Dito de outra maneira, o conteúdo codificado, é repetível; a maneira como é feito, ou seja, o gesto em si, é irrepetível.

Ao contrário do maestro, que pode dar indicações simbólicas (exemplos: indicação de entrada ou número da secção), todos os gestos aplicáveis aos instrumentos acústicos são puramente fisiológicos. De notar que nos instrumentos electrónicos esta situação não se aplica de todo, uma vez que os instrumentos dotados de visão computacional, apenas como exemplo, podem adquirir informação gestual puramente simbólica.

Voltando à análise da Figura 37, estão representados três tipos de discrição-continuidade de aquisição gestual (*input*) e respectiva conversão sonora (*output*). De

---

[204] Artistas de rua cuja performance é a própria imobilidade.

[205] Como por exemplo os movimentos robóticos de Kenichi Ebina: https://www.youtube.com/watch?v=cn-NsWRtaSY/

notar que há, em termos gerais, uma grande afinidade entre o grau de discrição-continuidade de aquisição gestual e o resultado sonoro subsequente. Há, contudo, algumas excepções assinaladas a tracejado, sempre no sentido de incremento de discrição, ou por outras palavras, de perda de continuidade. Estes fenómenos vão ser desenvolvidos nos próximos parágrafos.

Analisando a situação de **aquisição gestual contínua**, o *output* sonoro mais interligado é o seu homólogo sonoro, ligado pela recta a cheio (Figura 37). Tomando como exemplo o violino (enquanto instrumento friccionado), a gestualidade contínua do arco e dos dedos é adquirida de forma homóloga na sua superfície de aquisição gestual. O resultado do *output* sonoro é também ele contínuo, tal como se encontra esquematizado pela ligação da recta a cheio. Este é tipo de relação presente em todos os instrumentos contínuos como o violino, o trombone de varas ou a voz.

Ainda dentro da aquisição gestual contínua, as setas a tracejado representam a possibilidade de uma aquisição gestual contínua ser convertida em *output* sonoro misto ou discreto. São situações pouco comuns, mas perfeitamente observáveis. Uma trompa natural pode converter um sopro contínuo num resultado misto. A altura do som, o seu elemento discreto, é determinada pela conjunção da intensidade do sopro e posição bocal, com saltos de frequência associados aos seus harmónicos. Neste conceito encaixam instrumentos de sopro como as trompas naturais, diversas cornetas, olifantes, lures e cornos de animais (Figura 38).



Figura 38. (1) Trompa natural (serviço postal)[206]; (2) Corneta militar[207]; (3) Olifante[208]; (4) Lur[209].

[206] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Posthorn-echt.jpg

[207] https://en.wikipedia.org/wiki/Bugle#/media/File:Bugle-rhside-large-1-.jpg

[208] http://www.mfa.org/collections/object/oliphant-61943

Existem também instrumentos com aquisição gestual contínua mas com *output* sonoro discreto. É o caso da matraca. A energia do gesto do instrumentista é acumulada numa lingueta, a qual, a partir de uma certa tensão, é libertada de uma só vez, produzindo um resultado discreto. Seja qual for a intensidade física do gesto do instrumentista, o evento sonoro é sempre o mesmo. O único aspecto que muda é o número de vezes que o som é produzido num determinado espaço temporal.



Figura 39. Diversos exemplos de matracas[210].

No caso da situação de **aquisição gestual mista**, existe uma de miríade de exemplos instrumentais – e bastante diversificados – que se encaixa nesta situação, nomeadamente quando o *output* sonoro é da mesma tipologia que o *input* gestual. Neste particular, e por uma situação de síntese conceptual e clareza da linha condutora, vão ser apresentados apenas alguns exemplos ilustrativos. No clarinete, por exemplo, a energia gestual adquirida pela embocadura é convertida primariamente em intensidade sonora, sendo um aspecto plenamente contínuo. O seu timbre e micro-afinação estão também incluídos neste âmbito. Já a altura do som é accionada por uma mecânica instrutória que converte gestos contínuos em instruções discretas. A guitarra também se inclui neste tipo de processo. Contudo, na guitarra, a intensidade e timbre são adquiridos de forma discreta e pontual, bem como a altura do som. Há, contudo, que contemplar a possibilidade de modular a altura através de *vibrato*, sendo este um elemento contínuo. Em suma, embora algo diferentes, o resultado é um misto de discrição-continuidade.

Analisando a seta a tracejado, é de prever uma aquisição gestual mista com resultados discretos. A gaita-de-foles é um exemplo desta situação. O mecanismo de transferência energética relativo à intensidade sonora é completamente distinto da gestualidade instrutória e do excitador. O fole armazena o sopro, um elemento deveras volátil, estabilizando a sua pressão. Deste modo, "não é possível o controlo directo da

---

[209] https://en.wikipedia.org/wiki/Lur#/media/File:-1300_Lure_Brudevaelte_anagoria.JPG

[210] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Troccole.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/Ratchet_%28instrument%29#/media/File:Rehtacka.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/Ratchet_%28instrument%29#/media/File:Raspel.jpg

intensidade e timbre como o clarinete" (Winternitz, 1943, p. 61), podendo ser considerados, *grosso modo*[211] e apesar da sua origem no sopro humano, como elementos discretos.

Por fim, na parte direita do esquema, em relação à **aquisição de *input* discreto**, corresponde, por norma, um *output* discreto. Nos instrumentos acústicos qualquer gesto convertido pelo seu mecanismo energético num impulso discreto, e quando associado a um mecanismo instrutório discreto, terá forçosamente de gerar um *output* discreto. Como exemplos ilustrativos desta situação encontram-se o piano, um metalofone ou um prato de choque.

Os exemplos atrás mencionados foram criteriosamente escolhidos de forma a excluir uma subtileza conceptual: não poderá o som do metalofone e do prato de choque ser modulado após a excitação sonora? A resposta é afirmativa, devendo ter em conta um outro aspecto: a modulação contínua após um ataque pontual. No caso do metalofone, ou mais especificamente do vibrafone, pode ser incorporado ao *output* sonoro um sopro modulado de origem eléctrica para efeitos de *tremolo*.

No caso do prato de choque o som modulado corresponde aos gestos contínuos do instrumentista, nomeadamente o deslocar espacial dos pratos após a excitação dos mesmos. Sendo a deslocação espacial um movimento contínuo, e dada a especificidade da situação, pode ser considerado simultaneamente tanto *input* como *output* instrumental. Nesse tipo de utilização instrumental o prato de choque teria de ser incluído num contexto misto.

Continuando a análise do esquema da Figura 37, é necessário observar que os mecanismos energéticos e instrutórios tendem a converter o processo *input-output* de forma análoga, havendo situações excepcionais de aumento de discrição (ou por lógica, diminuição de continuidade). Este sentido direccional de continuidade para discrição não é reversível, ou seja, as excepções não apontam no sentido da discrição para a continuidade. Seria possível existir uma situação desse tipo? Fazendo a pergunta de outra maneira: seria possível uma transmissão discreta pelos mecanismos energético e instrutório com um resultado contínuo ou misto, sem qualquer gesto ou mecanismo de

---

[211] A literatura revista não se pronuncia, na sua generalidade, sobre as micro-variações em torno dos parâmetros sonoros da gaita-de-foles. Talvez pela sua utilização como instrumento de exterior e dada a sua potência sonora e pela ênfase de evolução histórica e musical. É verosímil que, sendo o fole comprimível, haja modulação, facto confirmado e medido na gaita escocesa por Menzies & McPherson (2013, p. 440). Contudo, para além da variedade de tipos, conforme a sua proveniência geográfica e período histórico, seria fundamental perceber até que ponto essas variações são significativas em contexto performativo, fora do laboratório de acústica. Um exemplo de discrição é dado por Davies (2001b, p. 110), que descreve este instrumento "sem facilidade de controlo dinâmico, e produzindo um som constante e ininterrupto, evitando [preventing] o uso de silêncios ou mudanças tímbricas para propósitos de ênfase ou articulação".

modulação no *output* sonoro? Esta investigação afirma que tal é possível mas em situações tão excepcionais que põem em causa o limite de "*output* instrumental" e da própria noção de "controlo instrumental". Duas situações hipotéticas vão ser apresentadas: a caverna musical e a tina musical.

A caverna musical é o extremar conceptual do que poderia ser incluído no *output* instrumental. Tal como foi descrito no caso do órgão e outros instrumentos de dimensões gigantescas, o espaço acústico onde se inserem pode ser incluído, em sentido lato, como uma espécie de *output* sonoro, ou seja, uma câmara de ressonância adicional onde os instrumentos se encontram localizados. De relembrar que são instrumentos forçosamente incluídos no espaço onde se situam, não podendo ser deslocados para fora dele. Assim sendo, a caverna musical é uma metáfora de uma caixa de ressonância de tal forma grande e irregular que qualquer evento sonoro discreto seria envolvido uma modulação sonora contínua e caótica[212]. A caverna musical leva ao limite o conceito do próprio conceito de *output* instrumental e só poderá admitida em duas situações: (1) a excitação sonora ser feita por um dispositivo instrumental inamovível dentro da caverna; ou (2) a excitação sonora ser feita directamente nas paredes da caverna. Ambas as situações levantam problemas conceptuais, para além do esoterismo da situação. No primeiro caso, a caverna musical poderia ser considerado apenas um sistema ressoador ou *output* secundário. O mecanismo ou dispositivo excitador seria facilmente identificado como algo da caverna: o "órgão da caverna", o "sino da caverna", o "tronco da caverna", em suma, "qualquer-coisa-inamovível da caverna"[213]. No segundo caso, assumindo as paredes da caverna como o próprio dispositivo, levantaria outro problema que não está circunscrito a este exemplo, mas que diz respeito a todos os instrumentos: o seu grau de controlabilidade. Essa situação vai ser analisada com outro hipotético instrumento: a tina musical.

Na tina musical a excitação sonora é feita numa superfície líquida, como por exemplo a água. Seja por gotejamento ou percutindo directamente ou indirectamente na água, ou seu *output* sonoro seria constituído por elementos contínuos sem necessidade

---

[212] O complexo de Inchindown, na Escócia, o eco do disparo de um som foi cronometrado com 112 segundos, constituindo um *record* mundial.

https://www.publico.pt/2014/01/21/ciencia/noticia/cientistas-descobriram-um-local-onde-o-som-nunca-mais-morre-ou-quase-1620538

https://www.youtube.com/watch?v=UzMSjX7uE10

[213] De notar que os instrumentos inamovíveis de grandes dimensões são individualmente referidos, por norma, com o espaço onde se encontram (exemplos: Carrilhão de Mafra, Órgão da Igreja do Senhor Bom Jesus de Matosinhos, ou Órgão da Igreja da Cedofeita). Acresce que a denominação também que este tipo de deniminação também se aplica pela individualidade deste tipo de instrumentos e, em tantos deles, pelo contexto histórico.

de gestos ou mecanismos auxiliares, ou seja, apenas modulado pela reflexão da energia da água nas paredes da tina. Seria uma espécie de caverna musical noutro formato e escala. Aqui o problema é outro, e não foi anteriormente referido na caverna musical apenas por uma questão de destaque do *output* secundário: até que ponto seria controlável? Neste caso específico, só transferindo algum grau de controlabilidade para aleatoriedade tal poderia ser concebido. A falta de controlabilidade não é, só por si, um aspecto negativo. É o contexto musical que determinaria a sua pertinência. Mas é um facto que terá de haver alguma perda de controlo em favor de uma certa aleatoriedade sonora. A utilização de dispositivos desta natureza encontra eco na música experimental e a utilização de microfones e outros sensores permite expandir as potencialidades desta abordagem (Cook, 2001, p. 3).

Orgânica energética

A orgânica energética diz respeito à forma como a energia gestual do instrumentista é transmitida e convertida em som. Como já foi referido, nem toda a energia aplicada pelo instrumentista é utilizada na produção sonora e, paralelamente, a aquisição gestual pode ser centralizada de diversas formas.

Para além dos anteriormente designados mecanismos de transmissão energética e instrutória, existem também *gestos auxiliares*[214] (Cadoz & Wanderley, 2000; M. M. Wanderley, Depalle, & Warusfel, 1999) que, embora usados com propósitos expressivos, não transmitem nenhum tipo de energia convertível em resultado sonoro. Por exemplo, se um pianista fizer uma oscilação de dedos após o ataque da nota simulando um *vibrato*, essa energia não tem nenhuma influência directa no som produzido. Pode fazer parte integrante de uma determinada gestualidade e postura física, pode ser uma manifestação exterior de expressividade musical ou mesmo recurso expressivo para o executante. Contudo, em termos físicos, a energia cinética não é convertida em som.

A acção gestual pode ser dividida em funções diferentes. Há uma parte da energia que é direccionada para a intensidade sonora[215] e outra para a instrução sonora[216] (como

---

[214] Do inglês "ancillary gestures".

[215] Cadoz, assim como outros autores, classifica-os como "gestos excitadores" (Cadoz, 1988, p. 7; Cadoz et al., 1984, p. 61).

[216] Cadoz divide-os, classificando-os como "gestos de selecção" e "gestos moduladores" (Cadoz, 1988, p. 7). Contudo esta investigação prefere deixá-los juntos (gestos instrutores) por duas razões: (1) a modulação tanto pode ser aplicada à altura como à intensidade e, nesse caso, pode estar associada à excitação e à transmissão energética; (2) nos instrumentos de alturas contínuas, como o violino, a selecção e modulação de alturas são feitas de forma centralizada. De modo a não tornar o esquema energético demasiado confuso, e tendo em conta o ponto de vista apresentado, faz mais sentido falar em

já tinha sido referenciado no tópico "Centralidade gestual"). Esta separação pode ser total (ex.: trombone de varas) ou solidária (ex.: violino). No caso do violino, o arco transmite a energia convertida em intensidade sonora, enquanto que os dedos determinam a altura do som. O pisar da corda, neste caso, seja feito com muita ou pouca energia, pouca ou nenhuma influência terá sobre a intensidade sonora. Neste caso existe uma descentralização da aquisição gestual. Ainda assim é uma descentralização com alguma sobreposição: o violinista pode pisar a corda sem arco e produzirá algum som, de acordo com a intensidade do gesto. No caso do trombone de varas, a descentralização é mais vincada, uma vez que nenhuma altura sonora (excepto ruídos do mecanismo) será produzida sem a excitação sonora da embocadura.

Aproveitando as esquematizações anteriores, é possível conceber um esquema energético global, onde se incluí a distribuição energética das instruções instrumentais, a alimentação energética da excitação sonora, o grau de discrição desses aspectos, e o resultado sonoro. É esta a intenção deste tópico: integrar no mesmo esquema conceptual vários dos tópicos conceptuais desta subsecção (Figura 40).

---

gestos transmissores de energia e gestos transmissores de instruções, sejam elas discretas ou contínuas. De referir que Cadoz, Luciani, & Florens (1984, p. 61), em relação a estes gestos não os dividem, denominando-os como "gestos modulares".

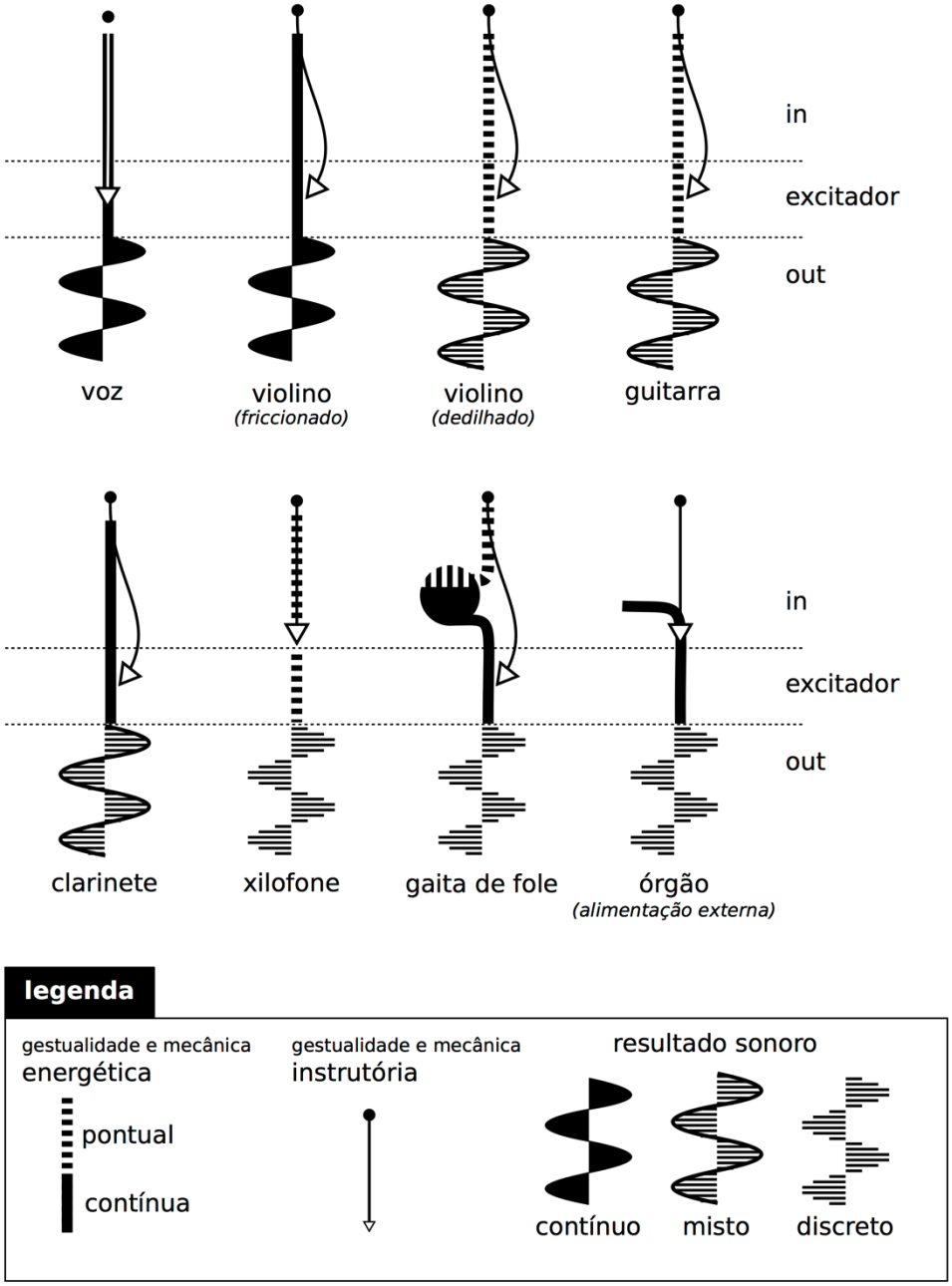


Figura 40. Esquematização global de energia gestual, grau de discrição, e centralidade gestual.

No esquema em análise há que ter em conta três espaços simbólicos da esquematização instrumental: (1) o ***input***, o espaço onde é feita a aquisição gestual energética e instrutória; (2) o **excitador**, o espaço onde é excitado, de facto, o som; (3) o ***output***, o espaço dedicado ao resultado sonoro da interacção. De notar que são espaços simbólicos, representando uma sequência de acção-resultado, onde seccionamento não contempla vários graus de separação, tal como foi descrito na secção "2.2.4 - *Input* e *output* acústico" e ilustrado na Figura 30.

A energia convertida em intensidade sonora é transmitida pelo instrumentista pela linha vertical de maior largura, podendo ser instrumentalmente adquirida de forma contínua ou pontual. A forma contínua corresponde ao tipo de excitação sonora dependente de reforço contínuo, como no caso dos instrumentos alimentados por ar e instrumentos de cordas friccionados. A falta de alimentação energética pressupõe a cessação imediata da excitação sonora. De referir este tipo de alimentação é imprescindível para a geração de sons totalmente contínuos (altura, intensidade, timbre e micro-afinação). Há que referir, no entanto, que o facto de ser imprescindível, não implica que este tipo de alimentação gere forçosamente resultados totalmente contínuos, tal como foi abordado no tópico "Grau de discrição-continuidade" (ex.: órgão de tubos).

No esquema em análise os gestos instrutórios são representados pela linha fina com seta, significando o seguinte:

- Quando essa linha está sobreposta à linha energética, significa que as mecânicas instrutória e energética são inteiramente sobrepostas. Como consequência desse facto, os gestos instrutórios são centralizados e indissociáveis (ex.: voz e xilofone);
- Quando as setas da instrução estão dentro do espaço simbólico do excitador, significa que o mesmo pode gerar várias alturas. Por exemplo, o corpo de um clarinete, as cordas de uma guitarra e violino, bem como o próprio aparelho vocal;
- Quando as setas da instrução estão na fronteira do *input* e do excitador, significa que este último apenas pode gerar uma única altura. Assim sendo, cada corda de piano, tubo de órgão ou lâmina de xilofone, a respectiva excitação gera exclusivamente uma única altura.

O esquema da Figura 40 não contempla todas os resultados sonoros situados entre a continuidade total e a discrição total, apelidando-os simplesmente como "mistos". É possível, embora fora do âmbito do esquema, delimitar vários graus de discrição-continuidade mista, como será feito no subcapítulo "2.4 – Discreto vs. Continuum". Mas, neste momento, por clareza expositiva, e dado o número de variáveis presentes, contemplar apenas uma situação mista única assume-se como a opção mais adequada.

Prosseguindo a análise, note-se os casos da gaita-de-foles e do órgão. No primeiro caso a gestualidade energética (sopro) é debitado de forma pontual, armazenada e estabilizada num fole e posteriormente debitada de forma contínua. No caso do órgão a fonte do canal energético pode ter origem externa ao instrumento e ao próprio instrumentista. Conceptualmente a gaita-de-foles poderia incluir-se nesta situação, bastando que algo ou alguém que não o instrumentista injectasse ar no fole. É uma situação inverosímil, mas possível.

2.2.5. Conclusão

Os instrumentos musicais acústicos, pela sua longa história e prática musical, continuam presentes no quotidiano de todas as sociedades. Para esta investigação, o interesse do seu estudo está relacionado com a sua estabilidade conceptual e modelo instrumental. Não que os instrumentos electrónicos os devam mimetizar ou seguir uma linha de evolução equivalente. Mas uma reflexão sobre a essência dos dispositivos musicais poderá ser uma ajuda preciosa na concepção e análise instrumental.

O contrário também é verdadeiro: a orgânica modular dos instrumentos electrónicos, a síntese sonora e as novas práticas musicais acabam por incentivar o estudo geral dos instrumentos musicais, quaisquer que eles sejam, aplicando novos modelos e critérios de análise a instrumentos possuidores de uma longa história.

2.3. INSTRUMENTO ELECTRÓNICO

Este subcapítulo é dedicado à reflexão de todos os instrumentos não abrangidos anteriormente, ou seja, todos aqueles fora do universo dos denominados instrumentos acústicos. Será feita uma reflexão terminológica, uma contextualização do universo NIME, uma análise dos conceitos exclusivos e especulada a tendência evolucionária deste universo instrumental.

2.3.1. Mudança de paradigma sonoro

A transição do século XIX para o século XX foi palco de grandes mudanças sociais, científicas e artísticas. Em termos sonoros – e na visão da presente investigação – a maior mudança ocorrida foi a capacidade de gravar e reproduzir som. Apesar de aparentemente não ter uma relação directa com o desenvolvimento instrumental, em termos conceptuais houve uma ruptura de paradigma sonoro:

- Aquilo que é ouvido passou a poder ser gravado, reproduzido e repetido de forma literal[217];
- Os instrumentos musicais, tais como eram vistos na altura, deixaram de ser os únicos dispositivos capazes de executar música;

Estes aspectos são o primeiro passo de uma evolução em curso onde, teoricamente, tudo pode ser sonorizado (objectos, processos, dados ou organismos) e onde os limites instrumentais são cada vez mais difíceis de definir.

Este parêntese introdutório está relacionado com aspectos mais abrangentes do que um possível universo estritamente instrumental, mas é um aspecto que, apesar de inicialmente parecer paralelo, acabará por tornar-se um elemento omnipresente na música feita posteriormente, qualquer que seja o grau de percepção instrumental envolvido.

[217] Repetido de "forma literal" significa que aquilo que foi gravado pode ser reproduzido várias vezes. Antes disso, repetia-se a acção para obter, genericamente, um mesmo som. Agora, esse mesmo som pode ser ouvido sem precisar da acção primordial que o gerou.

2.3.2. Electro-complexidade terminológica

Aquilo que comummente se designa por instrumento electrónico pode, na verdade, ter significados variados. Existe também, adicionalmente, uma profusão de termos associados, que torna justificável uma reflexão dos mesmos.

2.3.2.1. Preâmbulo terminológico

Encontrar uma nomenclatura adequada para o título deste capítulo é uma questão desafiante. Em bom rigor, nem todos os instrumentos comummente designados por "electrónicos" o são verdadeiramente. Aquilo que comummente se denomina na generalidade por "instrumento electrónico" é, segundo a classificação de Hornbostel-Sachs, uma subcategoria dos chamados *electrofones*, como se verá na subsecção "2.3.3.1 – Electrofone".

Clarificando o âmbito de aplicação de instrumento electrónico, esta investigação considera como regra geral – e por uma questão de conveniência terminológica – todos os dispositivos instrumentais não incluídos no capítulo anterior, ou seja, não incluídos na designada categoria dos instrumentos acústicos.

2.3.2.2. Conveniência terminológica

Mantendo a terminologia justificada anteriormente, existe uma conveniência terminológica no uso do epíteto electrónico, baseada numa utilização alargada e comum desta designação.

Se é possível incluir todos os instrumentos electrónicos nos electrofones, por outro lado utiliza-se cada vez mais – especialmente no contexto NIME – as designações de "instrumentos digitais" e "instrumentos virtuais", que são designações mais específicas que "instrumento electrónico".

Fazendo um balanço entre os chamados electrofones e instrumentos digitais e virtuais, a designação de instrumento electrónico é, para esta investigação, a mais conveniente e a que melhor concilia especificidade conceptual e generalidade de utilização. Assim sendo, quando nesta investigação se designa instrumento electrónico, está-se a incluir – na sua generalidade – todas e quaisquer designações da electrofonia.

Uma possível alternativa seria a utilização do termo acusmático, ou seja, "relativo a som cuja fonte não está visível" ("Acusmático, Dicionário Priberam da Língua Portuguesa," n.d.). Chion (1994) retrata bem o conceito de acusmático em contexto audiovisual que, sendo por excelência um meio retransmissão sonora, proporciona um enquadramento valioso sobre esta temática. Sendo assim, todos os instrumentos electrónicos utilizadores de altifalantes para emissão sonora serão por definição acusmáticos. Todos os outros serão acústicos, ou evitando essa designação, não-

acusmáticos. O inconveniente desta terminologia são os instrumentos acústicos amplificados, cujo som passa também por altifalantes, ou seja, por uma boca acusmática.

Uma outra alternativa terminológica seria a designação de instrumentos artificiais, por oposição aos instrumentos naturais. Neste caso o significado de artificial estaria relacionado com a concretização sonora não dependente da fisicalidade acústica dos seus materiais.

2.3.2.3. Designações unitárias e parcelares

Existem na literatura especializada várias designações implicitamente associadas a dispositivos instrumentais: *interfaces*, controladores, módulos e sensores. Cada uma delas pode estar associada a "musicais", "instrumentais" ou "gestuais". Podem ainda ser complementadas com diversos epítetos morfológicos, funcionais e metafóricos. Resumindo, a conjugação de variáveis terminológicas gera uma enorme variedade de designações e contextos instrumentais.

Para já o objectivo deste ponto é distinguir a existência de designações unitárias e parcelares. Um instrumento electrónico tanto pode ser visto como um todo ou como a soma de várias partes.

Por designações unitárias entendem-se como aquelas que integram o conceito de instrumento musical no seu todo, seja de forma explícita ou implícita. O mesmo dispositivo instrumental é constituído pelas diversas partes que vão desde a aquisição gestual até à produção sonora. Seja "hiperinstrumento" ou "infrainstrumento", por exemplo, designam um dispositivo ou sistema no seu todo. Podem ser constituídos por várias secções, desde a parte dedicada à aquisição gestual até à síntese sonora, mas o termo caracterizador é global, isto é, unitário.

As designações parcelares aplicam-se aos dispositivos instrumentais que se encarregam apenas de uma parte da orgânica instrumental. Um controlador de teclas apenas pode ser entendido como um instrumento musical se a ele estiverem associadas outras parcelas instrumentais conducentes à concretização sonora. Pode assumidamente fazer uma parte de uma cadeia instrumental (ex.: controlador MIDI); como, pelo contrário, ser entendido como a característica mais destacada de um dispositivo instrumental, assumindo um sentido mais unitário[218]. Esta dupla leitura resulta da imensa profusão de designações utilizadas por uma comunidade altamente diversificada.

---

[218] Por isso Jordà considera o *Theremin* (e considerando o seu próprio sistema ressoador analógico) "um instrumento completo, enquanto um *Theremin* MIDI é apenas um controlador ou uma *interface*, e não necessariamente musical" (2002, p. 24).

Um exemplo claro é a confusão do termo "sintetizador", que tanto pode ser utilizado de forma parcelar como unitária. Em termos parcelares designa a maneira como é feita a síntese sonora, o módulo que coordena as variáveis da síntese sonora. Em termos unitários pode significar um dispositivo instrumental completo, derivado ao seu uso comum bastante alargado e diferenciado. É inclusivamente vulgar chamar indiferenciadamente sintetizador, órgão eléctrico (ou electrónico) ou piano eléctrico (ou electrónico). Sendo incorrecta, é uma prática comum e de difícil desarreigamento.

2.3.2.4. Hierarquias terminológicas

Uma solução para melhor compreender e organizar a profusão de designações é estabelecer uma ordem hierárquica terminológica. Poderá ser considerada como um primeiro passo para uma classificação taxinómica mais complexa, embora o intuito principal seja apenas clarificar o âmbito das diversas terminologias.

Assim sendo, é possível hierarquizar diferentes designações com diferentes graus de abrangência: electrofones, instrumentos electrónicos, instrumentos digitais, instrumentos virtuais.

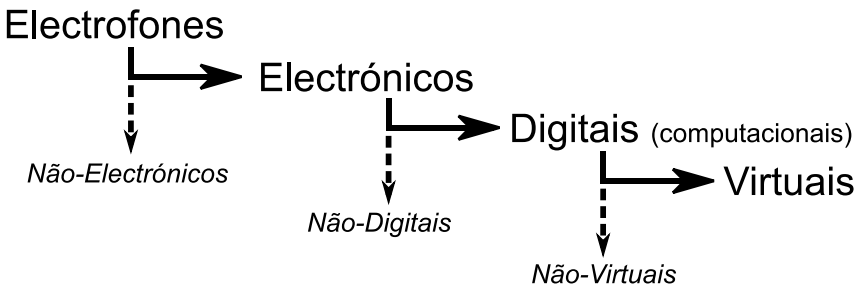


Figura 41. Hierarquia terminológica.

A designação mais abrangente é a que diz respeito aos electrofones, ou seja, "o termo geral para instrumentos que produzem vibrações que necessariamente devem passar por um altifalante antes que possam ser ouvidas como som" (Davies, 2001b, p. 110).

Mas nem todos os electrofones são electrónicos[219], sendo estes últimos uma subcategoria de electrofones. Os electrofones, para serem electrónicos, devem ter circuitos electrónicos no seu sistema. No fundo, os electrofones electrónicos correspondem, de facto, aos instrumentos electrónicos.

[219] Galpin dividia-os em autofónicos, electro-magnéticos e electro-estáticos; Sachs dividia-os em acção electrónica, electro-mecânicos e rádio-eléctricos (Chadabe, 1997, p. 104).

Descendo na hierarquia, é possível distinguir instrumentos electrónicos e instrumentos digitais. Entende-se por instrumentos digitais como uma subcategoria dos instrumentos electrónicos, ou seja, todos os instrumentos electrónicos que têm capacidade de processamento binário (computacional). Logo é possível afirmar que todos os instrumentos digitais são forçosamente electrónicos, mas nem todos os instrumentos electrónicos são digitais.

Descendo ainda mais na hierarquia encontram-se os instrumentos virtuais que, na sua essência são meta-instrumentos ou representações virtuais de uma determinada realidade instrumental. Logo é possível afirmar que todos os instrumentos virtuais são forçosamente digitais, uma vez que existem graças ao código binário, mas nem todos os instrumentos digitais são, em sentido lato[220], virtuais.

Em suma, esta investigação reconhece a existência de uma hierarquia lógica nas várias designações instrumentais ligadas aos instrumentos electrónicos. Contudo – e apesar das hierarquias terminológicas atrás expostas – adopta, devido à disseminação do seu uso, o termo "instrumento electrónico" para designar de forma genérica todos os dispositivos incluídos na *electrofonia*.

2.3.3. Definições instrumentais da *electrofonia*

Depois de estabelecer vários critérios terminológicos, vão ser apresentadas algumas definições instrumentais.

2.3.3.1. Electrofone

Como já foi abordado, o termo mais geral para designar um "instrumento electrónico" será electrofone. Relembrando a definição, é "o termo geral para instrumentos que produzem vibrações que necessariamente devem passar por um altifalante antes que possam ser ouvidas como som" (Davies, 2001b, p. 110). Contudo o termo não é aplicado aos instrumentos em que a electricidade é empregue de forma auxiliar como alimentação de uma parte da acção como, por exemplo, um órgão de tubos com acção electro-pneumática (Davies, 2001b, p. 110).

A introdução deste termo data de 1940, como uma extensão feita por Hornbostel-Sachs ao seu próprio sistema de taxinómico (Kartomi, 1990, pp. 172–173)[221]. Antes

[220] Em sentido estrito todos os instrumentos digitais poderão ser considerados virtuais, uma vez que a computação em si pode ser entendida como um processo virtual. A codificação e computação digital são, aos invés dos processos analógicos, uma virtualização processual, ou seja, uma conversão de impulsos e grandezas eléctricas para dados binários codificados.

[221] Citando (Sachs, 1940, pp. 447-449, 467), The history of musical instruments (New York: Norton).

disso, Galpin sugere em 1937 o termo "instrumentos electrofónicos", como extensão do seu sistema taxinómico (Kartomi, 2001b, p. 420)[222].

De notar que, devido ao extraordinário desenvolvimento dos instrumentos electrónicos e da computação musical, o contexto de utilização do termo electrofone encontra-se ancorado a uma época pré-computacional, podendo ser considerada demasiado abrangente, e porventura desadequada, para a realidade actual. Daí a sua utilização relativamente limitada.

2.3.3.2. Definição de instrumento electrónico

Pegando na definição enunciada no ponto 2.1.3, poder-se-á afirmar que, em termos gerais, um instrumento musical electrónico é um dispositivo sonoro destinado a concretizar música cuja geração sonora depende de meios electrónicos. Nesta definição estão incluídos os instrumentos digitais e virtuais, por serem, também eles, forçosamente electrónicos. Depreende-se da definição anterior que o som tem de ser concretizado em tempo-real e através de altifalantes.

2.3.3.3. Ser ou não ser, eis a questão

A utilização da electrónica em dispositivos instrumentais pode manifestar-se das mais variadas formas, levantando questões relacionadas com os limites instrumentais. Se no caso dos electrofones estão genericamente excluídos os instrumentos acústicos com acção auxiliar eléctrica, a utilização de electrónica – e mais precisamente os meios digitais – pode gerar associações instrumentais conceptualmente mais complexas.

Veja-se o caso do *Disklavier* (reconhecendo-o como uma unidade instrumental unitária) da *Yamaha*[223]: existe um mecanismo acústico que é accionado de forma electro-mecânica e controlado de forma digital. Não se trata apenas um meio acústico auxiliado com meios eléctricos, mas uma extensão e concretização acústica de algo computacional. É uma simbiose instrumental em que se junta o processamento computacional com a concretização sonora acústica.

Por outro lado existem também instrumentos cuja base é acústica, mas com extensões electrónicas dedicadas à computação de dados ou transformação sonora. Neste caso a sua génese é natural, havendo uma extensão electrónica da sua natureza acústica. Nesse âmbito encontram-se os designados *instrumentos aumentados*[224].

---

[222] Citando (Galpin, 1937, pp. 29-30), *A Textbook of European Musical Instruments: their Origin, History and Character* (London, 1937, 3/1956/*R*).

[223] Existem outros fabricantes: http://pianosxxi.com/piano/player-system/

[224] Do inglês "augmented instruments".

Fazendo uma metáfora cinematográfica – em que o acústico é o natural e o electrónico o artificial –, existem instrumentos de base acústica com extensões electrónicas, como o ciborgue de *RoboCop* (1987); assim como instrumentos de base electrónica com extensões acústicas, como o ciborgue de *The Terminator* (1984).

A questão natural-artificial é extremamente desafiante. Mantendo o aspecto exterior de um piano, o *Disklavier* é um excelente exemplo de elevada mecanização, capacidade de execução supra-humana e possibilidades de incorporação de outros sistemas. O *Shimon*[225] (Figura 42), ao exibir um certo aspecto antropomórfico – destacando certos atributos que levaram à sua criação – poderá não ter a capacidade pura de execução de um mecanismo dedicado – apesar de absolutamente notável –, como o *Disklavier*. Nem foi essa a intenção da sua criação, pensada para improvisação *jazz* em dueto com humanos – tanto pelas suas capacidades musicais como pelo retorno visual gestual (Hoffman & Weinberg, 2011). Caso fosse intenção construir uma marimba ultra-performante, à imagem do *Disklavier*, poder-se-ia pensar num mecanismo em que cada lâmina teria a sua própria baqueta (ou várias), como uma marimba com vários executantes perfeitamente sincronizados[226]. No fundo é o que acontece com o *Disklavier*, que pode executar um acorde de terceiras consecutivas[227] constituído por 32 notas[228], enquanto um ser humano não ultrapassará a dezena.

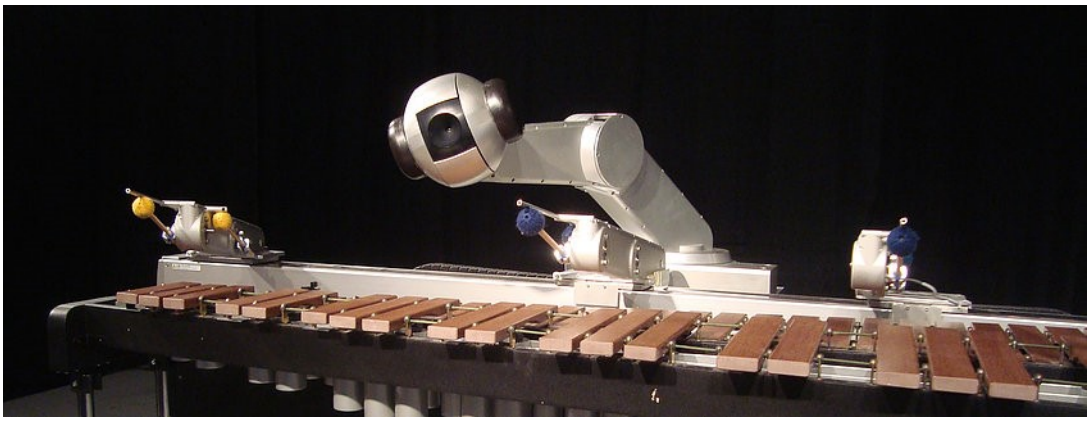


Figura 42. *Shimon*, o tocador de marimba[229]

[225] http://www.shimonrobot.com/

[226] Como o *MalletOton* (Kapur et al., 2016).

[227] Por exemplo: lá^{0}, dó^{1}, mi^{1}, sol^{1}, si^{1}, ré^{2}, fá^{2}, lá^{2}, dó^{3}, mi^{3}, sol^{3}, si^{3}, ré^{4}, fá^{4}, lá^{4}, dó^{5}, mi^{5}, sol^{5}, si^{5}, ré^{6}, fá^{6}, lá^{6}, dó^{7}, mi^{7}, sol^{7}, si^{7}, podendo ainda escolher mais 6 notas diferentes, de forma a perfazer as 32 de polifonia máxima.

[228] https://usa.yamaha.com/products/musical_instruments/pianos/disklavier/e3_series/specs.html#product-tabs

[229] https://www.shimonrobot.com/gallery?lightbox=image_14hw

Mantendo o aspecto antropomórfico, não será a mesma coisa um *robot* executar um carrilhão de sinos ou um violino, uma vez que, neste último, as variáveis são outras, nomeadamente todos os elementos caracterizadores de um instrumento contínuo, acrescido de uma extraordinária agilidade e tamanho físico relativamente diminuto. No caso do violino, seria mais difícil imaginar um sistema equivalente ao da marimba *super-performante* – caso fosse possível –, o que faz do *Violano Virtuoso*[230] (Figura 43), apesar de criado em 1909 (Satz, 2010, p. 77), um extraordinário exemplo de dispositivo mecânico musical. Um caso notável de piano *super-performante* é o *Autoklavierspieler*[231], constituído por 88 "dedos" electromecânicos com a particularidade de ser um mecanismo externo, logo desmontável e utilizável em instrumentos diferentes (Ritsch, 2011).



Figura 43. Pormenor de um *Violano Virtuoso*[232].

Mas um *robot* como *Shimon* tem outras capacidades: uma máquina capaz de ouvir, processar informação, tomar decisões e aplicá-las. Tudo artificial, excepto a excitação sonora. Num certo sentido, é um *Terminator*[233] musical, já com alguma semelhança antropomórfica. Teoricamente – com as adaptações necessárias e com os limites da mecanicismo e fisicalidade dos materiais – o *Violano Virtuoso* poderia ser convertido num parente do *Disklavier*[234].

---

[230] Instrumento mecânico que combina o violino e o piano. Existem modelos com dois violinos e piano.

[231] https://vimeo.com/31561361

[232] http://www.pbase.com/ysic/image/35136268

[233] Usando a metáfora do ciborgue protagonista em *The Terminator* (1984).

[234] Há, contudo uma grande diferença prática: o mecanismo do *Disklavier* não ocupa a superfície de aquisição gestual, podendo funcionar como um piano convencional ou, inclusivamente de forma mista. No caso do *Violano* – em relação a um violino convencional –, toda a superfície de aquisição gestual é ocupada pelo mecanismo.

2.3.4. Contextualização do universo NIME

Falar nos dias de hoje de instrumentos electrónicos é bastante diferente da realidade dos anos 70 e 80 do século XX. Hoje em dia pode-se dizer que a computação extravasou o computador e a realidade electrónica tornou-se esmagadoramente digital e virtual. Por isso torna-se porventura cada mais desafiante, ao mesmo tempo que complexo, delimitar o âmbito do comummente designado por "instrumentos electrónicos".

O desenvolvimento de instrumentos electrónicos tem envolvido, desde o seu início, uma ampla e diversificada comunidade de intervenientes como compositores, engenheiros, cientistas e empreendedores, portadores de diferentes abordagens e contribuições para o presente panorama (Chadabe, 1997, p. viii), incluindo áreas altamente tecnológicas, humanidades e todas as possíveis ligações entre elas (Jordà, 2004c, p. 321, 2005a, pp. 6–7).

O campo dos novos instrumentos electrónicos é personificado pelas conferências NIME (New Interfaces for Musical Expression), como local privilegiado de comunicação científica e prática artística dos últimos avanços do domínio instrumental. Esta conferência não é a única relacionada com os instrumentos electrónicos, ainda mais quando a sua modularidade instrumental pode ser objecto de estudo das mais diversos disciplinas: síntese sonora, processamento de sinal, interactividade, robótica, gestualidade, aspectos artísticos, aspectos performativos, aspectos culturais e tecnologias diversas. A título de exemplo ficam as seguintes conferências que, por norma, associam também eventos artísticos e mostras tecnológias: *Sound and Music Computing*[235] (SMC), *International Computer Music Association*[236] (ICMC), *Audio Mostly*[237], *Tangible Embedded and Embodied Interactions*[238] (TEI), *Interactive Sonification Workshop*[239] (ISon), Simpósio Brasileiro de Computação e Música (SBMC), só para referir algumas das mais relacionadas com a temática da tecnologia instrumental electrónica. Ainda no ano de 2018 irá nascer uma outra conferência, à qual se espera vida longa: *International Conference on Live Interfaces*[240] (ICLA), que irá ter a sua primeira edição no Porto (Portugal).

---

[235] http://smcnetwork.org/

[236] https://quod.lib.umich.edu/i/icmc

[237] http://audiomostly.com/

[238] https://tei.acm.org/2018/

[239] http://interactive-sonification.org/

[240] http://www.liveinterfaces.org/

Um aspecto deveras interessante, a propósito das novidades instrumentais, é a evolução histórica do concurso *Guthman Musical Instrument Competition* (GMIC)[241]. A distinção entre instrumentos electrónicos e acústicos pode ser entendida como uma divisão tecnológica, mas não um cisma musical. Se nas primeiras edições os instrumentos a concurso eram exclusivamente electrónicos, com o passar dos anos juntaram-se a estes instrumentos acústicos. O vencedor da edição de 2014[242] foi Tolgahan Cogulu com a guitarra microtonal ajustável[243], um instrumento totalmente acústico. Novas formas de expressão requerem novos dispositivos musicais, qualquer que seja a sua tecnologia. Rematando esta ideia, NIME significa "Novos Instrumentos para Expressão Musical" e, embora esteja subentendido o seu pendor electrónico, nenhum tipo de dispositivo com estas características deverá ficar segregado.

Se definir os limites conceptuais de instrumento musical é, na organologia tradicional, uma tarefa já de si bastante árdua e complexa, o contexto NIME acaba por acentuar ainda mais esse desiderato. Vários factores contribuem, numa primeira análise, a essa complexidade:

a) A rápida e constante evolução tecnológica. Se por um lado existem instrumentos electrónicos relativamente estandardizados, como teclados, guitarras, percussões, sintetizadores diversos; por outro lado a tecnologia tem progredido de forma cada vez mais acelerada, trazendo novos instrumentos electrónicos e contínuas actualizações de instrumentos já estabelecidos (Davies, 2001a, p. 85). A disponibilidade e baixo custo do hardware e novos tipos de sensores e software permite o aparecimento de novos dispositivos instrumentais (Cook, 2001, p. 1). A profusão de microcontroladores e ferramentas de programação transformaram-se, para muita gente, de itens enigmáticos para utensílios de uso comum (Igoe, 2007, p. x).

b) O aparecimentos de novos dispositivos de génese generalista. O desenvolvimento da tecnologia tem proporcionado uma crescente produção em massa dos mais diversos dispositivos electrónicos: *smartphones*, consolas de jogo, *tablets* e diversos sensores têm afectado o estilo de vida da sociedade, servido de palco para novas aplicações e utilizações musicais. A área dos instrumentos musicais é apenas uma manifestação da revolução electrónica em curso (Davies, 2001a, p. 85). A maneira como muitas acções são feitas deixaram de estar centradas em dispositivos dedicados para se tornarem possíveis em dispositivos com várias funcionalidades, plataformas de dados e sistemas de comunicações (Davies, 2001a, p. 103). Dispositivos com

---

[241] Inicialmente designado por *Margaret Guthman Musical Instrument Competition*

[242] http://guthman.gatech.edu/2014

[243] Traduzido de "Adjustable Microtonal Guitar".

capacidades genéricas, programáveis e configuráveis tornaram-se omnipresentes, tornando-se ferramentas e estruturas tecnológicas utilizadas na construção de novos dispositivos musicais.

c) Expansão e fragmentação da unidade conceptual de instrumento. Nos instrumentos acústicos, mesmo sendo difícil encontrar uma definição universal do que poderá será um instrumento musical, existe – para além da ancoragem acústica – uma certa uniformidade conceptual ou, pelo menos, a maneira como algo é identificado como tal. Nos instrumentos electrónicos, porém, diversos tipos de dispositivos estão associados à noção de instrumento musical: controladores, superfícies de aquisição gestual, interfaces, sensores, diversos tipos de *hardware* e *software*. Podem assim assumir as mais diversas configurações, desde as mais convencionais até virtualmente tudo (Chadabe, 1997, p. 215). Os instrumentos electrónicos podem estar associados a outras máquinas, sensores ou sistemas possibilitando a sua expansão ou fragmentação orgânica (Chadabe, 1997, p. 216). A própria utilização do computador como instrumento, em parte ou na totalidade, veio alterar os limites do conceito de utilização instrumental. Max Mathews considera não haver limites teóricos da utilização do computador como fonte de sons, ao contrário dos instrumentos convencionais (1963, p. 553). Segundo Magnusson, a utilização do computador como meta-máquina[244], igualmente uma ferramenta de pensamento e executor de ideias, tem consequências epistemológicas na forma como um instrumento é observado. A ausência de qualidades inatas, como a própria acústica dos materiais utilizados favorece fundamentalmente os processos de desenho instrumental descendentes[245] (2010, pp. 43–44).

2.3.5. A música dos primeiros instrumentos electrónicos

O aparecimento dos instrumentos electrónicos é anterior à chamada "música electrónica", mais especificamente à corrente estética da *Elektronische Musik* de Stockhausen. Logicamente que qualquer música executada por um instrumento electrónico é, forçosamente, música electrónica[246]. Contudo, a corrente estética vanguardista da música electrónica surge apenas depois da II Guerra Mundial. Note-se

[244] Do inglês "meta-machine".

[245] Em relação ao sentido da implementação: do abstracto para o concreto.

[246] Se um instrumento electrónico é aquele que é constituído por circuitos electrónicos, então a música electrónica poderá ser aquela que é executada por instrumentos electrónicos. Existem inúmeros géneros de música electrónica ou com a inclusão de instrumentos electrónicos. É uma questão estética e cultural deveras interessante, sobretudo pelo debate em torno da estética e do meio.

que o uso musical dos primeiros instrumentos electrónicos é bastante convencional e, em certos casos, direccionado para o entretenimento.

Logicamente não deixa de ser admirável a simplicidade instrumental e intangibilidade performativa do *theremin*, um grande salto de desenho instrumental em relação a tudo o que tinha sido feito até então. Mas, musicalmente falando, a sua utilização inicial foi bastante ortodoxa, sendo a sua utilização performativa homóloga aos instrumentos acústicos convencionais.

Nesse aspecto a corrente futurista de Russolo explorava sonoridades mais vanguardistas com objectos sonoros mais convencionais ou já existentes: as seis famílias de ruídos, incluiam instrumentos acústicos, objectos diversos, e vozes animais e humanas (Chadabe, 1997, p. 3). Mas na verdade, tal como foi dito atrás, o contexto e a prática musical podem determinar que algo passe a ser dotado de instrumentalidade musical. E nesse caso, não tendo criado uma miríade de novos instrumentos de utilização alargada, a corrente futurista concedeu estatuto instrumental a dispositivos sonoros geradores de sons – até então – não musicais.

Em suma, apesar do pioneirismo dos primeiros instrumentos electrónicos, o seu contexto musical e, mais precisamente, a atitude estética subjacente não criou, efectivamente, uma nova música. Mas foi, sem dúvida, uma porta aberta para futuros desenvolvimentos (Chadabe, 1997, p. 19).

2.3.6. Elementos base da *electrofonia*

Procurando apurar quais os elementos mais primordiais da *electrofonia*, aquilo que é comum a todos dispositivos contidos nos electrofones e instrumentos electrónicos – incluindo o universo NIME – eles poderiam ser aglutinados em dois pontos:

1) Electricidade (electrofonia);

2) Altifalante (altifonia, acusmática).

É certo que estes dois elementos não são suficientes para caracterizar os instrumentos electrónicos. Seria como dizer que todos os seres vivos contém água e reproduzem-se. Porém não deixa de ser verdade e, de facto, sem electricidade e altifalantes, não seria possível conceber a existência deste tipo de instrumentos, tal como hoje os conhecemos.

Existe, adicionalmente, um magnetismo conceptual em torno destes elementos, nomeadamente quando o que está em questão é o som musical em si próprio. Existem instrumentos digitais, gravações digitais, composição algorítmica, música colaborativa à distância mas, quando se trata do resultado final, a essência do resultado final passa pelo

"som electrónico", uma pegada sonora onde a electricidade e os altifalantes deixaram a sua marca.

Logicamente a questão é complexa, e nem tudo o que é electrónico se manifesta através destes meios, como os instrumentos híbridos. Nesse aspecto, e pegando na inteligência artificial, a mais sofisticada máquina tecnológica pode manifestar-se através de extensões sonoras acústicas. Mas o som electrofónico, aquilo que apenas é avaliado pelo que é ouvido, é associado a estes dois elementos, sem os quais a música electrónica perde a sua identidade sonora.

2.3.6.1. Electricidade

A electricidade é um elemento basilar à *electrofonia*, tal como o nome indica. Sem querer aprofundar esta questão, basta relembrar o uso variado desta energia: o electromagnetismo, a electro-mecânica e a electrónica propriamente dita. Sem ela não havia altifalantes nem processamento computacional. Nem uma miríade de sistemas e componentes. Tudo isso depende ou é feito em função deste tipo de energia.

Sobre o uso, ou melhor, a dependência da electricidade em tudo o que é electrónico, Frederic Rzewski confidenciava, a propósito da apresentação de um concerto de música electrónica em Março de 1968, onde houve um boicote de um grupo da assistência:

> Jean-Jacques [Lebel] made a speech. I don't remember what he said, but this was the time that students in Paris were raising. They turned off the power. That's a fundamental weakness of electronic music. They always turn off the power if they don't like you.[247] (Chadabe, 1997, p. 104)

2.3.6.2. Altifalantes

Como já foi anteriormente dito, o epíteto acusmático está estreitamente interligado com os instrumentos electrónicos, precisamente pela necessidade generalizada de altifalantes para concretizar o *output* sonoro.

O uso dos altifalantes vai desde a simples concretização sonora associada a um determinado dispositivo sonoro – a sua boca instrumental – até à construção de meios acusmáticos onde foram realizadas as mais complexas espacializações sonoras.

O *Acousmonium*, criado em 1974 por François Bayle, é uma orquestra de altifalantes criada especificamente para a execução de gravações em fita. Constituída

[247] Jean-Jacques [Lebel] fez um discurso. Não me recordo do que ele disse, mas era a altura em que aumentavam os estudantes em Paris. Eles desligaram a energia. É uma fraqueza fundamental da música electrónica. Eles desligam sempre a energia se não gostam de ti (Davies, 2001a, p. 102).

por de 80 altifalantes de vários tamanhos dispostos no palco em diferentes posições de altura e distância da boca de cena (Chadabe, 1997, p. 68).

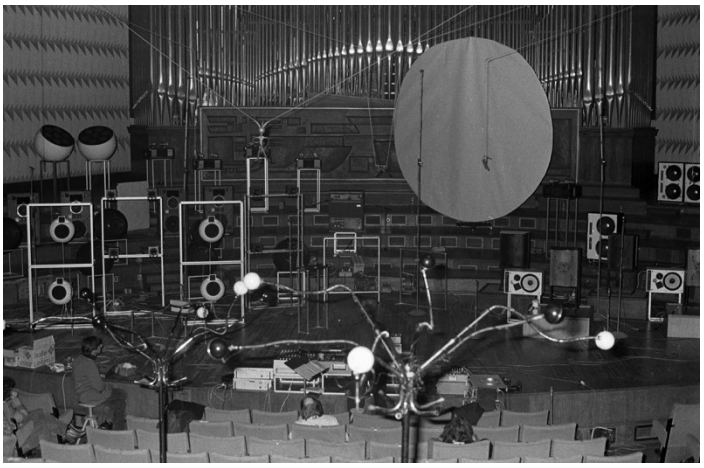


Figura 44. *Acousmonium*[248], o esplendor acusmático da *electrofonia*.

A criação de música para este auditório especial, mesmo sendo gravada e sem execução instrumental, torna irrepetível a sua execução fora deste espaço, pelo menos mantendo as características sonoras originais. A música feita à medida deste auditório, explorando qualidades intrínsecas do próprio som e respectiva espacialização sonora, converte este espaço num instrumento único de concretização sonora e musical.

A espacialização sonora assume uma importância relevante na expressão musical da música electroacústica. A par do *Acusmonium*, o *Gmebaphone* é um marco na história da *altifonia*: "é um instrumentário constituído por amplificadores, sistemas de tratamento de som, altifalantes, consola e um sistema de processamento destinado e construído para a difusão e performance ao vivo" (Clozier, 2001, p. 81). A primeira versão deste equipamento surgiu em 1973, tendo beneficiado de diversas inovações tecnológicas ao longo do tempo. A 6ª versão do *Gmebaphone*, realizada em 1997, foi renomeada por *Cybernéphone*, "pela maneira como este instrumento é equipado para a difusão-interpretação, controlo musical e altifalantes, e a manipulação de redes e procedimentos, estabelece-o como um instrumento cibernético no sentido estrito da palavra" (Clozier, 2001, p. 83). O *Cybernéphone* pode ser definido como um grande sintetizador, um instrumento que um compositor toca em concerto, um instrumento de expressão composicional e de concretização sonora (Clozier, 2001, p. 85).

O facto dos altifalantes apresentarem, na maior parte das vezes, uma função utilitária, tem ofuscado o mérito que a *altifonia* deveria granjear. Os contextos de

[248] http://designingsound.org/wp-content/uploads/2014/05/Acousmonium_1980_photo_Laszlo_Ruszka__c_Ina.jpg

utilização musical podem ser diversificados, mas na verdade, mesmo em situações onde a espacialização sonora desempenha um aspecto musicalmente estrutural, não há uma percepção generalizada por parte da audiência do real valor de quem trabalha por detrás dos altifalantes. A sua falta de visibilidade, por mais vital que seja o seu papel, tem contribuído para que a consola de mistura não seja ainda aceite com um instrumento musical verdadeiro[249] (Stroppa, 1999, p. 51).

2.3.7. Conceitos exclusivos dos instrumentos electrónicos

Esta subsecção aplica-se apenas aos instrumentos electrónicos *de facto* e a todos aqueles hierarquicamente subordinados. Para além da conveniência terminológica exposta na secção "2.3.2 – Electro-complexidade terminológica", há de facto necessidade de restringir o âmbito de análise instrumental.

Os electrofones com vibração por meios acústicos amplificados e electrofones com osciladores electromecânicos poderiam gerar uma série interminável de excepções que, ainda que revestidas de enorme interesse, desviariam a linha condutora desta reflexão. Assim sendo, a análise recai apenas nos instrumentos electrónicos, tal como foi definido na subsecção "2.3.3.2 – Definição de instrumento electrónico".

2.3.7.1. Separação Input-Output

Nos instrumentos electrónicos existe uma separação da superfície de controlo da produção sonora. Ao contrário dos instrumentos acústicos tradicionais, onde o interface gestual faz também parte da unidade de produção sonora, a produção sonora e o controlo gestual são independentes, estando relacionadas com através de estratégias de mapeamento (Chadabe, 1997, p. 216; Hunt, Wanderley, & Paradis, 2002, p. 88; Magnusson, 2006, p. 442; Miranda & Wanderley, 2006, p. 3). Esta separação não se encontra presente nos instrumentos acústicos tradicionais, onde a *interface* gestual faz também parte da unidade de produção sonora (Miranda & Wanderley, 2006, p. 4). A excepção, como já foi visto, é encontrada em órgãos[250] e vários outros instrumentos de teclas (Jordà, 2004c, p. 322).

---

[249] Traduzido do inglês "real instrument".

[250] Para Brent "Durante séculos, o órgão de tubos foi o mais sofisticado sintetizador empregue na música ocidental. Os sons por ele produzidos podiam ser especificamente esculpidos de maneiras novas e artificiais, e eram convocadas por um teclado que permitia um controle rápido e preciso" (2011, p. 429).

2.3.7.2. Lógica causa-efeito arbitrária

O instrumento electrónico apresenta uma diferença fundamental em relação ao seu homólogo acústico: a excitação sonora não está dependente da fisicalidade acústica dos materiais utilizados. Ao eliminar esta dependência física, "qualquer *input* pode assim ser ligado a qualquer *output*, e ambas as componentes podem virtualmente oferecer um infinito número de possibilidades [combinatórias]" (Jordà, 2004c, p. 323).

2.3.8. Esquematização *Input-Output*

São várias as diferenças de modelos de esquematização instrumental *Input-Output* encontrados na literatura científica, variando o grau de análise e o foco segmentário[251]. Mas todos eles confluem no mesmo aspecto essencial: a separação *In/Out*, tal como foi anteriormente referido.

Nas várias descrições de modelos *input-output*, convém observar diferentes terminologias, graus de detalhe e, mais importante, diferentes ênfases conceptuais às diferentes parcelas instrumentais.

A maneira como cada autor conceptualiza a esquematização *input-output* faz variar a nomenclatura e detalhe, de acordo com a visão e contexto de análise. O Quadro 2 mostra alguns exemplos dessa situação onde, apesar das diferenças, o princípio de separação modular se mantém.

[251] A segmentação esquemática de um dispositivo instrumental pode ter várias facetas, de acordo com a ênfase e detalhe de análise: superfície de aquisição gestual, mapeamento, síntese sonora, espacialização sonora, entre outras.

Autores	Input ——————————> Output
(Cadoz, Luciani, & Florens, 1984, p. 60)	Input device → Sound synthesis
(Gurevich, Verplank, & Wilson, 2003)	Gesture → Signal → Sound <=> Human → Sensor →Microcontroller → PC → Loudspeaker
(Tarabella, 2004, sec. 5, para. 1)	Controllers → Audio-signal generator → Sound Sources
(Jordà, 2004, p. 322)	Gesture controller (Input device) → Sound generator
(Miranda & Wanderley, 2006, p. 3)	Control Surface → MappingSound → Generator Unit
(Mitchell, Madgwick, & Heap, 2012, p. 35)	gestural input → sensing apparatus → raw data → data → processor → control parameters → mapping → audio → parameters → audio processing → audio output

Quadro 2. Exemplos esquemáticos de *Input-Output* instrumental[252].

De notar que o quadro anterior esquematiza o processo entre a aquisição gestual e o resultado sonoro de forma unidireccional, tendo em conta uma causa e respectivo efeito. Contudo, alguns esquemas incluem retorno (*feedback*), seja ele visual (aquilo que se vê na interacção), táctil (aquilo que se sente de forma háptica na interacção) e sonoro (aquilo que se ouve da interacção).

Na Figura 45 está um exemplo em que o retorno se encontra esquematizado, estando representado o retorno primário (obtido na superfície de aquisição gestual) e secundário (obtido através do resultado sonoro). De notar que, neste esquema, o retorno secundário inclui necessariamente o som produzido, enquanto que o retorno primário pode revelar-se mais díspar. No caso do *theremin*, ao ser um instrumento intangível e sem referenciação visual, não existe – segundo este esquema – obrigatoriamente um retorno primário do controlador gestual.

[252] Foi mantida a nomenclatura na língua das fontes para entendimento mais preciso.

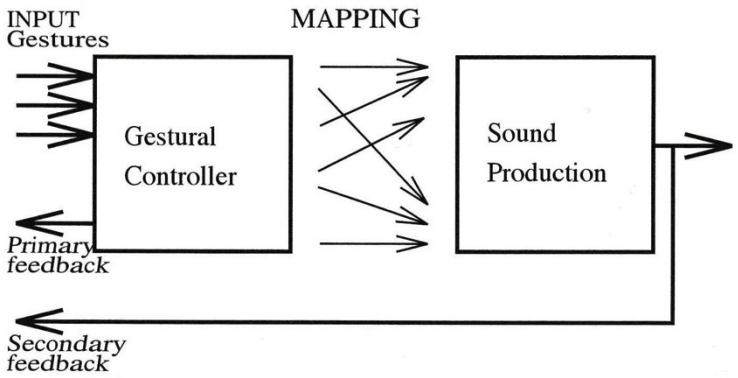


Figura 45. Esquema de instrumento digital (Miranda & Wanderley, 2006, p. 3).

And the winner is...

O título deste tópico é, utilizando a famosa frase da cerimónia da entrega dos "Oscars", uma alegoria e uma nota de humor sobre a importância de cada secção instrumental na concepção geral dos instrumentos electrónicos. O interesse pelo estudo das várias partes instrumentais espelha diversas visões, muitas vezes temperadas com um toque de paixão. Tal facto leva, justificadamente, defenderem a importância de cada uma delas, de tal forma que a essência de um instrumento electrónico parece divergir conforme os autores. Tanto pode ser referido que "o mapeamento (...) pode definir a própria essência do instrumento" (Hunt et al., 2002, p. 83) como "a habilidade para compor som foi, para muitos compositores, a razão fundamental para o cometimento com a música computacional" (Chadabe, 1997, p. 129)

Na verdade, essa divergência é mais aparente que real. Todos os autores concordam com o seccionamento e independência estrutural de cada uma das parcelas. O que provavelmente se passa são os diferentes interesses musicais e práticas instrumentais de uma comunidade altamente diversificada. Para uma instrumentista, por exemplo, a parte da aquisição gestual pode ser sobreposta a todas as outras. Ou a qualidade do som produzido. Ou outra coisa qualquer. Para um compositor a pertinência de um instrumento electrónico pode passar pela manipulação de determinados parâmetros musicais e sonoros, sendo – por ventura – a síntese e a estruturação sonora a sua ênfase instrumental. Para um programador é o mapeamento que poderá estar no centro do seu interesse. E por aí em diante. De notar que estes exemplos são meramente ilustrativos e o seu uso é meramente indicativo de como o foco de interesse pode ser tão diversificado.

Sendo assim "and the winner is..." é uma matéria altamente subjectiva, sendo o mais importante perceber a existência de seccionamento instrumental e interligação dos variados interesses.

2.3.9. Virtualização instrumental

Esta secção é dedicada a uma breve reflexão sobre o processo, tipologia e limites da virtualização instrumental, fruto de uma imparável e irreversível evolução digital em curso.

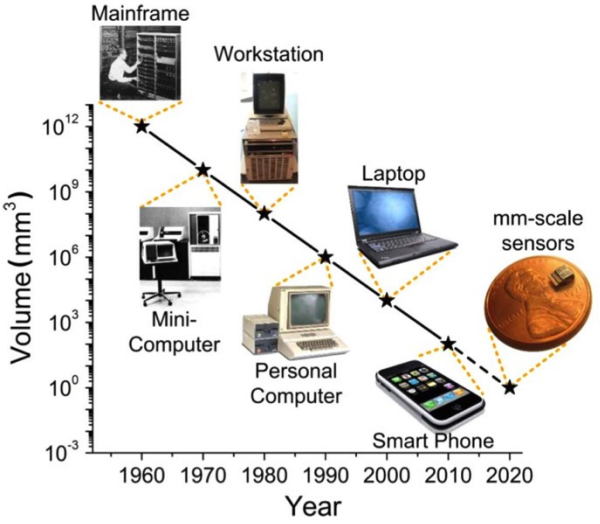


Figura 46. Evolução do computador segundo a lei de Bell[253].

O processo de virtualização tem ocorrido em tantos aspectos do quotidiano e, como tal, é previsível que os instrumentos musicais sejam incorporados nesse processo (Carfoot, 2006, p. 37).

2.3.9.1. Processo de virtualização

Esta investigação preconiza a existência de uma lógica sequencial no processo de virtualização: (1) miniaturização, (2) representação e (3) desmaterialização. De notar, porém, que estas etapas podem ocorrer de forma separada ou simultânea, embora se mantenha a ordem apresentada.

Tudo depende do âmbito temporal e do tipo de dispositivo em análise. A partir de um determinado presente, quanto maior for a janela temporal de análise, mais contrastado é o processo de virtualização. Em relação ao tipo de dispositivos, há que ter em conta que o tipo acção neles exercido pode condicionar o limites da virtualização, como será abordado na subsecção "2.3.9.2 – Limites da virtualização".

Antes de prosseguir com a descrição dos três processos atrás assinalados, vai ser apresentado um exemplo paradigmático que servirá de modelo comparativo –

[253] http://www.computerhistory.org/atchm/the-worlds-smallest-computer/

simultaneamente prático e conceptual – a outro tipo de dispositivos, nomeadamente os instrumentais: o telemóvel. Seja pela sua evolução geral, seja pelo tipo de funcionalidades disponíveis, seja pela maneira como as tecnologias foram incorporadas e, inclusivamente, seja pelos limites actuais e desafios de evoluções futuras. Acresce ainda que, sendo dispositivo de uso pessoal de grande difusão e com um âmbito de evolução temporal bem definido, perfilha-se como um bom padrão para outros dispositivos.



Figura 47. Processo de evolução de telemóveis: (1) Protótipo Motorola DynaTAC (1973)[254]; (2) Nokia Mobira Senator (1982)[255]; Motorola DynaTAC 8000X (1984)[256]; IBM Simon Personal Communicator (1994)[257]; Apple iPhone "Original" (2007)[258].

Sobre a evolução do telemóvel, convém fazer duas considerações relevantes: a sua funcionalidade e dimensões. Sobre a primeira, constata-se que deixou de ser um dispositivo monofuncional para se tornar um dispositivo multifuncional. Hoje em dia, num *smartphone*, o acto de telefonar tornou-se apenas uma das formas de comunicação disponíveis: diversos tipos de mensagens (SMS[259], MMS[260], *chat*), videoconferência, redes sociais e jogos em rede. As aplicações pioneiras fora do domínio da fala (como relógio, calendário, calculadora e agenda) deram lugar a inúmeras aplicações com as mais variadas funcionalidades. E tudo o que um computador de consumo genericamente pode fazer, em teoria, encontra equivalência num *smartphone* actual. É mais uma

[254] http://www.wired.com/wp-content/uploads/blogs/magazine/wp-content/images/18-09/ff_prototypes6_f.jpg

[255] http://nokiamuseum.info/nokia-mobira-senator/

[256] http://www.sentinelactive.com/sen-web-iframe-content/mobile-phones-timeline/

[257] http://research.microsoft.com/en-us/um/people/bibuxton/buxtoncollection/detail.aspx?id=40

[258] http://www.macworld.com/article/1167465/iphone_five_years_in_our_pockets.html

[259] Acrónimo inglês de "Short Message Service".

[260] Acrónimo inglês de "Multimedia Messaging Service".

questão de conceito de utilização (limitado ao tamanho e adequação de *interfaces*) do que capacidade de processamento. É aí que reside a questão: o *smartphone* é um computador embutido num pequeno ecrã interactivo. Esse é o seu limite: se a sua utilização se restringisse ao acto de telefonar, poder-se-ia ter transformado num pequeno auricular.

A segunda consideração está relacionada com as suas dimensões. O que actualmente define o seu tamanho geral são as dimensões do seu ecrã que, em termos gerais, aumentou nos últimos anos, de forma a poder mostrar mais informações visuais e área de interacção. Se numa primeira fase houve um decréscimo do seu tamanho e peso, a partir do momento em que o desenvolvimento e utilização dos ecrãs interactivos assumiu protagonismo, o crescimento da área do ecrã aumentou novamente o tamanho global dos dispositivo.

Mas não é só o ecrã que tem aumentado, mas também a proporção entre o tamanho do ecrã e o tamanho geral do dispositivo (Figura 48): a área do ecrã é cada vez mais próxima da área do próprio dispositivo – considerando uma das faces. O caso do *Samsung Galaxy S8+*[261/262], é um bom exemplo: o ecrã de 6,2 polegadas tem 142,6mm de comprimento e 70,7mm de largura. Sendo assim representa, em relação ao dispositivo, 89,4% do comprimento (142,6/159,5x100) e 97% da largura (70,7/72,9x100)[263], ou seja, cerca de 86,7% da área (110,82cm2/116.29cm2x100)[264].

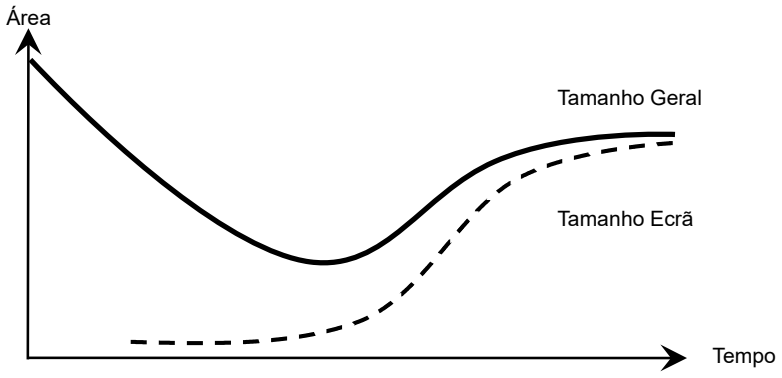


Figura 48. Esquema conceptual da evolução da evolução do tamanho e proporção corpo/ecrã dos *smartphones*.

[261] http://www.samsung.com/global/galaxy/galaxy-s8/specs/

[262] Lançado em 21 de Abril de 2017.

[263] A largura de 72,9mm excluí a saliência dos botões laterais, caso contrário seria de 73,3mm.

[264] Área aproximada, uma vez que quer o dispositivo quer o ecrã têm cantos arredondados.

No caso do *iPhone X*[265] da *Apple*, para além de perder o seu botão frontal, o ecrã contorna uma pequena zona ocupada por uma lente e o microfone. Este procedimento leva-o a ganhar mais área de imagem, em detrimento da simetria total do ecrã.



Figura 49. Ecrã assimétrico do *iPhone X*.[266]

Em suma, se numa primeira fase o tamanho do dispositivo era definido pelos avanços da miniaturização geral dos seus componentes, a partir de uma certa altura passou a ser o ecrã a ditar o mote, havendo até um incremento do tamanho geral.

Fazendo um pouco de futurologia – e correndo os riscos inerentes de tal exercício –, é o tipo de utilização dos *smartphones*, mais que os limites tecnológicos, que poderá determinar seu o futuro. É na tripartição vista-fala-manuseamento, ou seja, na maneira como se conciliará a maneira como se vê, fala e manuseia que poderá ditar futuras evoluções.

Miniaturização

A miniaturização é, simultaneamente, causa e consequência da evolução tecnológica em curso. O acréscimo de capacidade de processamento e armazenamento dos dispositivos electrónicos é acompanhado por uma miniaturização dos seus componentes. Qualquer tecnologia digital tem, pelo menos a partir de uma fase estável e madura, maior aplicabilidade de acordo com o seu processo de miniaturização.

A miniaturização proporciona um avanço no binómio tamanho-complexidade. Basicamente manifesta-se de três maneiras lógicas: (1) menos espaço para a mesma complexidade, (2) mais complexidade para o mesmo espaço e (3) aumento da complexidade com diminuição simultânea de espaço.

> Two of the most significant aspects of the development of electronic technology have been the steady progress towards smaller and more complex components, and

[265] Lançado em 3 de Novembro de 2017.

[266] https://images.apple.com/v/iphone/home/w/images/home/iphone_x_large.jpg

> the substantial lowering of their prices once each new stage of miniaturization was established[267] (Davies, 2001a, p. 102).

Representação

A representação é aqui entendida como a exibição de dados e imagens através de mostradores, ecrãs e projectores luminosos. Qualquer que seja a tecnologia, o que está em questão é a capacidade de, numa determinada área, ser possível apresentar algo visualmente mutável.

Existe uma gradação na capacidade de exibir informações visuais flexíveis, que vão desde os mostradores analógicos e os simples mostradores de cristais líquidos (monocromáticos e limitados aos veios intermitentes), até aos mais sofisticados ecrãs de alta resolução (pontos por área, profundidade da cor). Outras soluções extravasam ainda o conceito tradicional de ecrã-moldura, como a capacidade 3D, a projecção de imagem holográfica e realidade aumentada e imersiva.

Mas o principal é a ideia de, no mesmo espaço, ser possível mudar o conteúdo visual de forma flexível. A sua utilização em contexto musical encontra exemplos de utilização relevante:

> A single page on a computer screen can show far more information about the settings used in various parameters than is possible on an electronic instrument's own screen, although there are inevitably too many details for most purposes; early software tended to show most of the information in tabular form, sometimes with several dozen numeric values, but without a method of highlighting the most important settings for each particular context. More appropriate graphic forms of presentation, often directly modelled on the layout of the equivalent piece of equipment, have largely resolved this problem.[268] (Davies, 2001a, p. 104)

É preciso ter em conta que a representação é muito mais que uma simples adição de uma valência visual a algo existente. A capacidade de representação influencia de forma bidireccional a evolução da virtualização de dispositivos e sistemas: novas possibilidades criam novas necessidades; novas necessidades estimulam novas

---

[267] Dois dos mais significativos aspectos do desenvolvimento da tecnologia electrónica tem sido o constante progresso em direcção a componentes mais pequenos e complexos, e uma redução substancial dos seus preços cada vez que uma nova etapa da miniaturização se encontra estabelecida. (Davies, 2001a, p. 104)

[268] "Uma única página de um ecrã de computador pode mostrar muito mais informação acerca das configurações usadas em vários parâmetros do que é possível no próprio ecrã do instrumento, apesar de inevitavelmente haver muitos detalhes para muitos propósitos; inicialmente o software tendia para mostrar a maioria da informação em forma de tabela, muitas vezes com valores numéricos, mas sem um método particular de realçar as configurações mais importantes para cada contexto. Formas gráficas de apresentação mais adequadas, muitas vezes modeladas no aspecto do equipamento equivalente, resolveram largamente este problema" (Davies, 2001a, p. 104).

capacidades. Um exemplo desta relação é a passagem, em termos gerais, da representação visual unidireccional para uma relação interactiva, ou seja, bidireccional.

2.3.9.2. Limites da virtualização

Uma questão interessante será antever os limites da virtualização instrumental, ou seja, até onde teoricamente ela poderá chegar. Curiosamente, no curto prazo, tudo aponta para que o limite se situe nos extremos dos *input-output* instrumental, nomeadamente as partes que intermedeiam ou permitem a comunicação com o corpo humano.

Isto não impede que tudo o resto continue o seu vertiginoso desenvolvimento. O que se quis dizer é que a prática instrumental, entendida como uma prática física, requer dispositivos de aquisição gestual que obedecem a uma lógica de virtualização diferente do mapeamento e síntese sonora. A *interface*, ou seja, a parte que medeia o corpo humano e o dispositivo instrumental tem de ter em conta a fisicalidade humana. Por mais virtual que seja um instrumento, mesmo que intangível, tem que ter em conta esta mediação.

O futuro do passado

Antes de prosseguir, convém fazer um parêntese sobre a abordagem deste tópico. Daqui em diante, tudo o que for dito pertence ao campo da especulação e baseado em convicções pessoais. A razão principal é a seguinte: sendo esta uma investigação sobre tecnologia da arte, esta última tem uma palavra a dizer. E uma das coisas mais importantes da arte na temática do futuro é que sua visão acaba por ser, entre outras coisas, uma boa caracterização do presente; ou aquilo que o presente foi numa determinada altura foi, antes de converter-se em passado.

Dando alguns exemplos, o *Manifesto Futurista*[269] de Russolo acaba reflectir o conceito de máquina de Marinetti[270] e da ideia de futuro que a sociedade de então preconizava. Filmes como *Le voyage dans la lune* (1902) de Georges Méliès, *Metropolis* (1927) de Fritz Lang ou *Forbidden Planet* (1956) de Fred M. Wilcox – se hoje parecem tecnologicamente datados – são visões artísticas do futuro de então, exemplos de como o futuro se iria concretizar à luz das tecnologias disponíveis e curso previsto da sua evolução.

Quando se fala em tecnologicamente datados, não significa apenas que a evolução superou as mais optimistas previsões do futuro. Se muitas vezes isso aconteceu, seu contrário também se aplica. Um exemplo desta situação dual é o caso dos ecrãs e dos

[269] https://www.wdl.org/en/item/20037/

[270] https://www.wdl.org/en/item/20041/

automóveis. Enquanto que em *Forbidden Planet* os ecrãs parecem completamente anacrónicos à luz dos dias de hoje; já em *Metropolis*, o transporte individual pelo ar, seja em estradas rodoviárias e ferroviárias atravessando arranha-céus, para além do transporte aéreo urbano, foram previsões tecnológicas que ainda hoje parecem muito arrojadas. Sobre os automóveis voadores em contexto citadino, filmes como *Blade Runner* (1982), *Le Cinquième Élément* (1997) e *Minority Report* (2002) não podem ser ser vistos de forma isolada sem o marco que foi a obra de Fritz Lang.

O futuro do presente

São muitas as questões que se colocam em relação ao futuro da música e, neste caso concreto, à maneira como esta se relacionará com o ser humano. Onde começa e acaba o acto de executar música? Por onde é que a consciência, as emoções, os pensamentos e as abstracções humanas terão de forçosamente passar? Para onde vão as impressões recolhidas pelos sentidos humanos? Para esta investigação a resposta é inequívoca: o cérebro. O corpo humano é, conscientemente ou inconscientemente, controlado pelo cérebro, ou mais correctamente, pelo encéfalo (cérebro, cerebelo, mesocéfalo e bolbo raquidiano). Não que seja uma entidade desligada do restante corpo – antes pelo contrário – nem uma entidade espiritual à parte. É uma parte viva do corpo humano, completamente interdependente de outros órgãos, mas imprescindível para que algo possa ser considerado um ser humano.

O circuito da música passa obrigatoriamente pelo cérebro humano. O seu corpo é um emissor de acções através dos seus gestos controlados pelos sentidos (audição, tacto e visão). O corpo humano é um emissor-receptor neurológico.

Assim sendo, o campo das *interfaces* neurológicas e biofísicas poderá ser fértil no desenvolvimento de dispositivos instrumentais do futuro. Embora seja um domínio onde o controlo directo sobre parâmetros musicais contenha diversos tipos de restrições e muitos desafios, o caminho começou a ser feito na década de 60 dos séc. XX. Alvin Lucier, através da sua performance *Music for Solo Performer* (1965), expressou "ondas alfa através de altifalantes com o intuito de produzir som e ressoar instrumentos de percussão (…) [e] Richard Teitelbaum (…) trabalhou uma série de obras envolvendo EEG[271], respiração e batimento cardíaco [1967-8]" (Emmerson, 2007, p. 141). Segundo o mesmo autor, David Rosenboom foi um pouco mais longe ao "gerar transmissão de dados com controlo significativo de um modo mais coerente do que a simples mediação das ondas originais. Em *On Beeing Invisible* (1976-77) ligou dois executantes a através de EEG" (Emmerson, 2007, pp. 141–142).

[271] Electroencefalografia.

Dando um grande salto e voltando à especulação, um dos possíveis desenvolvimentos seria a ligação cerebral directa tornar-se de tal forma poderosa que seria possível que a manipulação sonora através da mente pudesse ocupar uma parte do espaço que hoje é exclusivo das acções gestuais. E indo ainda mais longe, o grau máximo de virtualização instrumental seria atingido, em teoria, a partir do momento em que algo convertesse os impulsos cerebrais emissores e receptores dentro do próprio cérebro. Como se o pensamento musical fosse convertido em som dentro do próprio cérebro, ou seja, uma relação cérebro-cérebro. Se tudo o que o ser humano pensa e sente se processa no cérebro, então em teoria tudo se poderia passar aí.

No domínio da ficção científica, o cinema tem retratado de forma abundante esta temática. Na saga *Matrix* dos irmãos Wachowsky, iniciada por *The Matrix* (1999), existe uma "quinta-armazém" de humanos ligados neurologicamente à grande rede de onde *Neo*, o principal protagonista, é retirado. Em *Avatar* (2009) e *Surrogates* (2009) o ser humano pode permanecer imóvel e ligado a um corpo biológico artificial, o qual utiliza para a sua interacção com o mundo real. Em *Source Code* (2011) o protagonista é colocado em estado vegetativo numa câmara especial. Tudo o que ele vê e sente são manifestações cerebrais e é-lhe pedido, como militar, uma última missão: reconstituir tudo o que presenciou num atentado com uma bomba onde ele próprio foi vítima.

Os exemplos anteriores foram seleccionados para fazer as seguintes questões: (1) poderá algum dia o ser humano executar e ouvir música num circuito directo entre cérebro-cérebro?; (2) ou a vibração física do som é um processo exclusivo pelo qual a fruição musical terá forçosamente de passar?

Qualquer que seja a resposta há outras variantes a considerar: como o grau de controlo que o cérebro poderá ter sobre as acções e sensações cerebrais; pela necessidade de recolher memórias sonoras para o cérebro trabalhar nesse domínio; ou pelo processo musical ser significativo para o ser humano precisamente por ser uma negociação com o seu exterior através do seu corpo e sentidos.

A Figura 50 esquematiza três etapas da interacção instrumental. No primeiro caso há uma interacção gestual entre algo que transforma os gestos num resultado sonoro que é recebido pelo utilizador. Esta acção pode ser denominada por **motora-auditiva**, que basicamente corresponde à esmagadora maioria da prática instrumental.

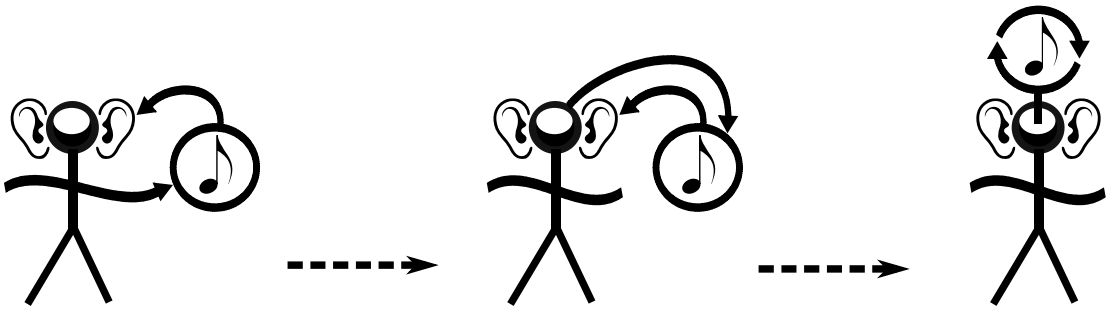


Figura 50. Três situações de virtualização: (1) motora-auditiva; (2) cérebro-auditiva; (3) intracerebral.

No segundo caso está representada a interacção cerebral com algo que transforma os parâmetros recolhidos em resultado sonoro. Parte-se do princípio que os parâmetros recolhidos são suficientemente complexos e controláveis para um resultado sonoro minimamente causal. Essa realidade já aconteceu, e os casos atrás apresentados constituem um marco no acto de fazer música absolutamente referencial. Nesse caso, esta acção pode ser denominada como **cerebral-auditiva**. Há nesta utilização do cérebro uma pequena subtileza, partindo do pressuposto que se tratam de acções intencionais[272]: até que ponto uma acção cerebral intensa não implica um determinado esforço fisiológico que, sob uma perspectiva muito global, poderá ser entendida como um gesto? Ou por outras palavras, até que ponto a utilização de expressões e gestos auxiliares poderão ser separados de uma suposta acção cerebral? São questões que esbatem as fronteiras entre acções mentais e gestuais embora, em termos de esquema geral, não altere o conceito de haver uma acção eminentemente mental que é convertida em som através de sensores não-gestuais.

Por fim a relação **intracerebral**, ou seja, todo o processo sonoro se passa dentro da mente, sem necessidade de concretização sonora externa. Num certo sentido, poder-se-á dizer que isso já acontece em determinadas circunstâncias: como pensar ou imaginar a música, ou a voz interior de alguém que lê para si próprio. Mas aqui o que se trata não é de compor uma sinfonia sem ouvir o som dela, como no caso de Beethoven. É também ouvir o som dessa sinfonia, o resultado da vibração da matéria, mas sem que haja necessidade que isso aconteça, bastando tudo aquilo que está na mente[273].

---

[272] Diferente do sonho durante o sono.

[273] Sobre o futuro, o físico e futurologista Michiu Kaku afirma que no futuro poderemos gravar imagens mentais e trazê-las ao mundo exterior (série documental "2077, 10 Segundos Para o Futuro, episódio 1, 36'30-37'30). Na verdade Kaku diz que isso já aconteceu, embora – e é preciso clarificar – o contexto não seja pictórico, tal como o de uma fotografia de uma paisagem. O processo de gravações mentais de sons poderia ser um processo análogo ao atrás descrito para as imagens, embora permaneça a dúvida

2.3.10. Conclusão

O subcapítulo dos instrumentos electrónicos começou o dealbar do uso generalizado da electricidade em dispositivos transmissores de música saltando para algumas interrogações sobre o próprio futuro do acto de fazer música.

O que une estes dois períodos são mudanças de paradigma: o século da electricidade proporcionou uma nova paisagem sonora onde se inclui a libertação do ruído e da dissonância, a gravação e retransmissão de som e a computação musical; o novo século ainda vai no seu princípio mas a computação ubíqua e a possibilidade de tudo comunicar com tudo são já realidade. A inteligência artificial e a biotecnologia parecem ser o horizonte onde se vai jogar o futuro da relação humano-máquina: mais do que isso, humano-realidade, natural-artificial, material-imaterial. Será o próximo passo da evolução humana o aparecimento do *homo artificiālis*? O ser humano que se reconfigura e se funde com a máquina? O ser humano que fundirá a biologia com a tecnologia? O ser humano que fundirá o cérebro com o computador, em suma, um ser *naturo-artificial?*

sobre a natureza dos sons mentais: se é verdade a generalidade das pessoas já experienciou sonhos com imagens concretas, o equivalente em os sons musicais pode ser uma realidade mais difusa.

2.4. DISCRETO VS. CONTINUUM

Como foi referido no "Capítulo 1 - Introdução", esta investigação foca-se na conjugação de vários aspectos, entre os quais a conjugação de elementos sonoros discretos e contínuos. Já foram definidos alguns conceitos e aplicações sobre esta temática. Neste subcapítulo vão ser aprofundados um pouco mais, desde aspectos mais gerais até à proposta de um quadro lógico onde se enquadrarão vários níveis de discrição-continuidade.

2.4.1. Definição e contextualização geral

Esta subsecção tem como objectivo reflectir sobre conceito geral de discrição e continuidade, tanto numa aplicação mais genérica, como em contexto sonoro e musical. Tal como foi referido no subcapítulo "1.1 – Contexto e Motivação", o conceito de discreto está relacionado com unidades separadas, descontínuas, individuais, sem pontos intermédios. E o conceito de continuidade é entendido o seguimento continuado entre duas coisas definidas.

Em termos de significado o conceito de discreto está relacionado com código e representação; enquanto o contínuo se relaciona com analogia e afinidade.

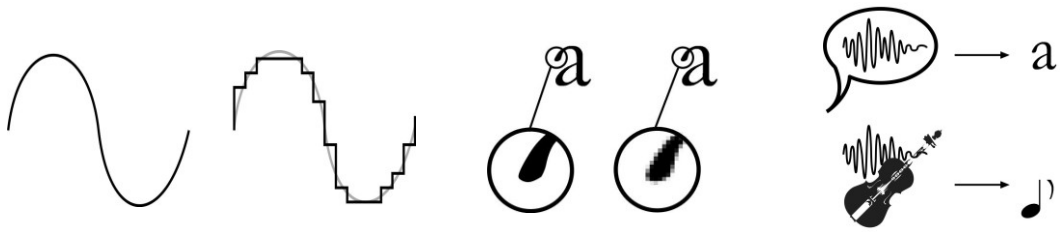


Figura 51. Exemplos de discrição e continuidade.

Legenda: (1) Som analógico (contínuo), som digital (discreto); (2) Contorno contínuo vectorial, contorno discreto de pixéis; (3) Som real de uma vogal e de uma frequência musical e respectiva representação discreta.

Os exemplos mostrados na Figura 51 mostram várias maneiras de entendimento de discrição-continuidade. O primeiro exemplo ilustra a diferença entre o som produzido por um sistema sonoro totalmente analógico e outro digital. No primeiro caso, o som resulta directamente da captação, gravação e reprodução por meios mecânicos e magnéticos, sendo o som resultante obtido apenas e directamente da transmissão e transposição energética dos vários subsistemas, portanto, totalmente contínuo.

No caso do sistema digital há, pelo menos num dos subsistemas, um momento em que há uma conversão de energia num código, onde a energia se transforma em informação ou instruções codificadas, portanto discreto em alguma parte do sistema. A resolução da amostra (em *hertz* no eixo temporal ou horizontal) e profundidade (em *bits* no eixo da amplitude ou eixo vertical) vão determinar a resolução teórica do som.

No segundo exemplo é mostrado o carácter alfabético "a", embora visualizado de duas maneiras. No primeiro caso, a imagem da letra é resultante da visualização de vectores, mantendo o contorno contínuo, qualquer que seja o grau de ampliação; no segundo caso, a imagem da letra é resultante da visualização de unidades discretas ladrilhadas, perdendo o contorno linear a partir de um determinado grau de ampliação visual. Em suma – e utilizando o jargão dos gráficos –, o primeiro caso é uma imagem vectorial, o segundo uma imagem mapa de *bits*.

No terceiro exemplo são mostrados exemplos da transposição de um determinado som contínuo[274] (uma vogal e um evento musical) num código escrito discreto. Deste modo, não fica registado o som propriamente dito, mas a informação considerada relevante (ou possível de codificar) para posterior descodificação (mental ou sonora). Assim sendo, o som da vogal é identificado e codificado como "a"; e o som musical é identificado e codificado como uma "nota", de acordo com os critérios do sistema de codificação.

Dos três exemplos apresentados, os dois primeiros acabam por ser equivalentes: apesar da utilização de unidades discretas ou contínuas, representam a coisa em si. Nestes casos, as percepções de continuidade auditiva e visual dependem do grau de resolução e escala da representação. No terceiro caso há uma codificação de significado, uma abstracção conceptual. Nos primeiros casos há uma tentativa de tradução literal da realidade; no último caso são seleccionados apenas alguns elementos para codificação.

O conceito de discrição-continuidade pode ser aplicado a diversos campos e temáticas. Em termos de tipologias dos processos interactivos, Ferreira-Lopes distingue

---

[274] De notar que um som contínuo está associado a um determinado intervalo temporal. Exemplificando com um evento sonoro sintetizado "tipo nota", pode ser caracterizado pelas quatro fases ADSR: *Attack-Decay-Sustain-Release (Attack Time, Decay Time, Sustain Level, Release Time).* Fazendo a sua aplicação aos instrumentos acústicos, a parte do ataque é, apesar da sua complexidade, temporalmente muito rápida (exceptuando gongos e sinos de grandes dimensões). O decair do ataque pode ser considerado relativamente curto, mas muito variável, de acordo com o tipo e massa do excitador, assim como o desenho instrumental. Já a fase de sustentação, pode ter um tempo indeterminado nos instrumentos contínuos, uma vez que um determinado evento sonoro pode ser constantemente reforçado e modelado. Sobre a fase de sustentação, ela pode ser associado à parte intermédia do evento sonoro, segundo o ponto de vista de Levitin, McAdams, & Adams (2002, pp. 180–181), onde os instrumentos contínuos apresentam um alto grau de complexidade (nomeadamente os instrumentos soprados e friccionados).

entre interacção discreta – onde um determinado evento faz disparar outro – e interacção contínua – onde existe uma troca de informações contínuas (2008). Dentro do projecto *Sonic City,* utilizando outras variáveis, Gaye, Mazé, & Holmquist (2003, p. 111) distinguem factores discretos de factores contínuos. Assim, no que diz respeito ao corpo do utilizador, podem ser registados *inputs* discretos, como uma mudança repentina de uma acção (ex.: parar); como podem ser *inputs* contínuos, como acções temporalmente prolongadas e dados do seu estado fisiológico; no que diz respeito ao meio ambiente, é aplicada a mesma lógica: parâmetros discretos para eventos localizados, como a passagem de um carro; parâmetros contínuos (visíveis ou invisíveis), como os níveis de luminosidade e poluição.

A riqueza da linguagem

A linguagem humana – e já restringindo o conceito de linguagem[275] – é um aspecto deveras interessante no que diz respeito à combinação de aspectos discretos e contínuos. A esse respeito vão ser apresentados alguns exemplos no campo da língua gestual, verbal e escrita.

A linguagem gestual é um campo fértil em exemplos de discrição-continuidade. O maestro tanto pode utilizar gestos contínuos para uma gradação de dinâmica e andamento; como pode transmitir uma informação discreta, como uma entrada ou o número de uma secção musical. Um manobrador de aviões tem ao seu dispor um conjunto de posições gestuais discretas para indicar determinadas instruções. Mas essas podem ser complementadas com uma expressividade gestual contínua, como o sublinhar de uma instrução ou a urgência da mesma. No campo da comunicação gestual notabiliza-se a língua gestual comummente utilizada pelos surdos: uma teia gestual constituída por acções discretas envolvida por uma "caligrafia gestual" contínua e portadora de expressividade comunicacional e devidamente complementada por expressões faciais.

A caligrafia é também outro exemplo de discrição-continuidade. O conteúdo da escrita é discreto, no sentido de concreto, objectivo[276] e delimitado. Contudo, a escrita manual pode ser reveladora de informação complementar ao conteúdo semântico das palavras. Quem lê a sua própria escrita, pode recolher outro tipo de informações como estados de espírito e recordações: a regularidade da escrita, a espessura do traço, a

[275] Comunicação com conteúdo semântico.

[276] Já a interpretação do conteúdo pode ser subjectiva. Mas as letras ⟨a, m, o, r⟩ podem-se formar as seguintes palavras: a+r+m+o=armo; r+o+m+a=roma; a+m+o+r=amor; r+a+m+o=ramo; m+o+r+a=mora; o+r+a+m=oram; r+o+a+m=roam; o+m+a+r= omar (nome próprio árabe).

inclinação da escrita, o seu posicionamento a um eixo, o desenho das curvas, rectas e pontos, enfim, um sem número de elementos complementares[277] ao conteúdo semântico da escrita.

A própria linguagem oral é, simultaneamente, discreta e contínua. Discreta pelo conteúdo semântico, essencial para a comunicação de elementos abstractos. Contínua pela infinidade de variações e inflexões expressivas como o sotaque, tom, acentuações, convicção, ironia, entre tantos outros elementos. As línguas sino-tibetanas são, na sua oralidade, portadoras de grande continuidade, uma vez que uma acentuação diferenciada de uma sílaba pode modificar completamente o significado da "palavra-som".

Finalmente um pequeno apontamento sobre a importância da codificação da comunicação e expressão: a escrita de textos e partituras foi a única maneira de registá-las temporalmente antes do aparecimento das gravações fonográficas. Até lá, foram a oralidade e a prática musical os transmissores dos seus "verdadeiros sons". É conhecida a escrita de Camões, Cervantes e Shakespeare, mas não o som exacto das línguas que então falavam. A música de Bach foi registada através de um código – a partitura –, mas não exactamente como era interpretada. Logicamente a codificação da fala e da música permitiu muitas outras coisas, como por exemplo a estruturação e desenvolvimento das mesmas. Mas aqui, o sublinhado que fica é que, durante muito tempo, a transmissão diferida[278] do som, ainda que codificado, esteve dependente da conversão discreta (delimitada, codificada, simbólica) de alguns dos seus elementos – sejam eles os mais importantes, sejam eles os codificáveis na altura.

O caso da computação: discreto vs. contínuo, sentido lato e estrito

Como já foi referido, a passagem de uma realidade contínua através de um sistema computação implica forçosamente uma transposição discricional da realidade em algum ponto do sistema. Por isso, em termos computacionais, tudo é discreto em algures no sistema. O que poderá ser mais importante é distinguir um sentido lato e um sentido estrito da utilização computacional. É tudo uma questão de grau ou escala. A diferença auditiva dos elementos contínuos de uma reprodução de CD num sistema digital e um LP[279] num sistema analógico pode ser imperceptível para um ouvinte comum. A resolução e profundidade sonora do sistema digital, transmitem a sensação plena de

---

[277] O parágrafo anterior não pretende defender a grafologia como ciência, nem defender o seu uso como técnica de análise psicossomática. Apenas constata que há elementos extra-semânticos complementares que o próprio autor da escrita pode reconhecer ou recolher.

[278] Em sentido lato, como que uma herança ou testemunho.

[279] Disco de vinil, do inglês *Long Play*.

continuidade. Tal como no cinema as vinte e quatro imagens por segundo são suficientes para iludir a vista humana. Este ponto convém ser salientado para estabelecer uma quadro de análise estável.

Assim sendo, apesar da computação ser, no sentido estrito, toda ela discreta, o resultado ou intenção podem ser discretos ou contínuos. Para exemplificar melhor o conceito de contínuo e discreto, observe-se a Figura 52. A pista áudio (nº 9) é constituída por elementos contínuos, representando a frequência e amplitude dinâmica de um excerto sonoro. É a representação gráfica de uma onda sonora contínua, embora constituída por informação binária, portanto discreta. Contudo, a resolução e profundidade, aliada ao tipo de representação sonora mostrada, remetem para o universo de percepção sonora contínua, pelo menos no sentido lato. A pista MIDI (nº10) é constituída por segmentos discretos, um conjunto de instruções claramente delimitadas e correspondentes a notas musicais. Neste caso os degraus escalares são totalmente discretos, qualquer que seja o ponto de vista gráfico[280].



Figura 52. Representação gráfica de uma pista áudio (pista 9) e pista MIDI (pista 10) no *software Nuendo 2*[281].

Em suma, quando se mencionam parâmetros contínuos num instrumento digital (electrónico com computação binária), essa continuidade é entendida em sentido lato. Assim sendo, por uma questão de conveniência terminológica, e caso não haja alguma excepção específica, esta investigação refere aspectos contínuos em contexto computacional sempre em sentido lato.

2.4.2. Utilização musical de unidades discretas e contínuas

A utilização de unidades discretas e contínuas na representação de elementos musicais é um processo inerente à codificação da música através de uma partitura, tablatura ou

[280] Embora o resultado sonoro possa ser percepcionado como contínuo, dependendo do banco de sons, efeitos ou modulação de parâmetros.

[281] https://www.steinberg.net/en/home.html

outra indicação escrita. De notar que a gravação sonora é bastante recente em relação à escrita musical, e que esta última era a única maneira de "fixar" a música.

Assim sendo, o "som da música" apenas podia ser representado por abstracções, e estas, posteriormente, concretizadas novamente em som. O processo anteriormente apresentado pode ser feito com mais ou menos detalhe; e com mais ou menos liberdade para os instrumentistas.

Som > Representação > Sonorização

Um aspecto deveras interessante é o processo da representação-sonorização. Os músicos, através da sua prática, podem construir ordens musicais, ou seja, compor música sem sonorização prévia[282] para posterior execução. Logicamente que há um código e respectiva transposição, um estilo de tocar ou, em suma, uma determinada prática musical que está implícita e preenche tudo aquilo que não é representado.

Representação > Sonorização

De notar que este processo de representação não é indispensável para uma cultura musicalmente rica, uma vez que a tradição oral e a prática musical poderão ser suficientes e, em alguns casos, as mais adequadas[283/284]. Contudo, a construção de estruturas complexas – independentemente da sua valia estética –, pode beneficiar com a fixação musical.

Contexto instrumental

Em termos instrumentais, a divisão discreta da altura dos sons tem, em determinados contextos, vantagens assinaláveis. Para além de estruturar e direccionar a aquisição gestual, estrutura a execução discreta a nível de nota, com especial destaque para a sua altura. Acresce que os mecanismos discretos estão muitas vezes associados à capacidade harmónica, embora este assunto envolva outros factores.

---

[282] Caso queiram ou tenham essa faceta.

[283] Os povos nómadas, por exemplo, transportam consigo a sua cultura imaterial.

[284] A música de resistência, ao ser censurada, pode ser difundida sem nenhum suporte fixo, apenas cultivada pela sua prática. Reflectindo sobre a opressão sobre os povos, a cultura de tradição oral e imaterial (língua, música, literatura e dança) só pode ser destruída instantaneamente com o extermínio do próprio povo. Apenas se podem impedir a prática e a transmissão às novas gerações. Tal como as ideias e convicções, pode-se obrigar alguém a negá-las, mas não a esquecê-las.

Serão muito poucos os instrumentos harmónicos acústicos desprovidos de capacidade discreta. Isto tanto pode ser visto como vantagem ou desvantagem. Vantagem na execução precisa e ágil de sons simultâneos; desvantagem pela impossibilidade ou praticabilidade na modulação individual e independente de sons simultâneos.

Sobre o parágrafo anterior, é necessário fazer uma distinção entre impossibilidade e praticabilidade. A impossibilidade está relacionada com a solidariedade total da modulação sonora de sons simultâneos, sem que possam ser manipulados individualmente. A praticabilidade está relacionada com a possibilidade de tal acontecer, mas estar condicionada pelo desenho instrumental e limitada à capacidade de controlo humano.

Na guitarra havaiana[285/286] e relacionadas, à semelhança da harmónica de boca[287], os *portamenti* harmónicos são simultâneos. No caso da *pedal steel guitar*[288], é possível independência harmónica com *portamenti* individuais, embora esteja longe de uma independência contrapontística.

No caso de instrumentos como o violino e o violoncelo, a modulação de sons simultâneos é também bastante restrita[289]. Em ambos os casos os acordes são desdobrados ou arpejados [290/291] ou executados em blocos percussivos.

Há outro aspecto também a considerar em relação à harmonia polifónica: é humanamente despropositado uma só pessoa ter a mesma capacidade de controlo de quatro linhas melódicas contínuas e independentes como, por exemplo, um grupo de quatro pessoas, cada uma com a sua linha melódica. Ignorar os limites performativos é um exercício de virtuosismo desnorteado, onde a exploração dos seus limites poderá ser visto como um malabarismo musical e não o desenvolvimento de uma prática em prol

---

[285] https://www.youtube.com/watch?v=xdTa9MzgF6s

[286] Também conhecida como "lap steel guitar".

[287] https://www.youtube.com/watch?v=GOFbfY-wY1I

[288] https://www.youtube.com/watch?v=NrbSL92Kz1Y

[289] É verdade que existem fugas para estes instrumentos, como a fuga para violino em sol menor BWV 1001, escrita por J. S. Bach. Contudo, para além do virtuosismo instrumental necessário, os instrumentos da época tinham o cavalete menos curvo, possibilitando a execução mais natural deste tipo de escrita.

[290] https://www.youtube.com/watch?v=RATaKVXsjgQ

[291] https://www.youtube.com/watch?v=mGQLXRTl3Z0

da expressão musical[292]. O naipe de cordas de uma orquestra funciona como um conjunto, assim como as vozes de um coro. É a expressão musical que determina a lógica musical e não as possibilidades instrumentais abstractas.

Voltando à continuidade total, o controlo melódico e multidimensional de variáveis contínuas é referenciada como um arquétipo de expressão musical. Percy Grainger descrevia, em 1938, o *theremin* como "o mais perfeito instrumento tonal que ele conhecia" (Chadabe, 1997, p. 19). E acrescenta "Um dos propósitos da criação da *Free Music Machine* foi a necessidade de não estar subjugado às divisões de meio-tom, quarto-de-tom e oitavo-de-tom (...) ir de altura em altura tanto por salto como por deslizamento" (*Idem*, p.19).

A questão da altura do som é um dos assuntos cuja conjugação continuidade-discrição tem provocado maior interesse. Na verdade é um parâmetro aparentemente paradoxal: a procura da continuidade é complementada com a necessidade de precisão e referências discretas. Mas tem uma razão de ser: a proximidade de duas alturas é um fenómeno sonoro altamente contrastante; a modificação de alturas, por mais pequenas que sejam, pode alterar a percepção de um determinado sistema escalar. Daí a necessidade do seu domínio absoluto em variadas situações. Varèse falava acerca do *dynaphone*:

> The practical result of our work will be a new instrument which will be adequate to the needs of the creative musician and musicologist. I have conceived a system by which the instrument may be used not only for the tempered and natural scales, but one which also allows for the accurate production of any number of frequencies and consequently is able to produce any interval or any subdivision required by the ancient or exotic modes.[293] (Chadabe, 1997, pp. 59–60)

É preciso referir que este desejo de controlar instrumentalmente todo o tipo de alturas não é representativa – longe disso – de todas as concepções musicais existentes, mesmo não incluindo contextos mais vanguardistas. Mas não deixa de ser um anseio de muitos músicos e compositores, uma quase quadratura do círculo do desenho instrumental.

---

[292] Levitin, McAdams, & Adams sumarizam a complexidade de manipulação polifónica contínua, nomeadamente a nível das limitações físicas do executante e dos limites de processamento e aquisição cognitiva do cérebro humano (2002, pp. 173–174).

[293] "O resultado prático do nosso trabalho será um novo instrumento que será adequado às necessidades do músico criativo e do musicólogo. Eu concebi um sistema em que o instrumento pode ser usado não só para as escalas temperadas e naturais, mas um que também permite a produção precisa de qualquer número de frequências e, consequentemente, seja capaz de produzir qualquer intervalo ou subdivisão requerida pelos modos antigos ou exóticos" (Chadabe, 1997, pp. 59–60).

Parâmetros qualitativos e quantitativos

A utilização de unidades discretas em contexto musical tem vantagens em aspectos de codificação e estruturação musical. O conceito convencional de nota musical, por exemplo, delimita, logo à partida, uma determinada altura e duração. São estes os dois elementos musicais mais representadas na notação musical de tradição ocidental. Podem ser complementados com indicações de dinâmica, articulação, andamento, ornamentação, timbre, dedilhação.

Mas há outros aspectos que devem ser considerados: a questão da terminologia, a diferença entre medição e percepção de valores, o contexto e função da prática musical podem confundir a definição de conceitos. Sem querer caricaturar a situação, por vezes há uma dupla linguagem entre música e o "som da música", mas na verdade há situações em que essa divisão é inevitável[294]. Muitas vezes os parâmetros musicais são qualitativos, relativos e subjectivos; e os parâmetros sonoros são tendencialmente mais quantitativos, absolutos e objectivos. Isso não significa que quem lida com parâmetros musicais seja incapaz de quantificá-los, se necessário; nem que quem lida com parâmetros sonoros seja incapaz de enquadrá-los numa perspectiva musical e da percepção acústica. Aliás, como já foi reflectido, a fronteira entre o que é música e ruído pode ser, em última análise, um entendimento estético, cultural e mesmo individual.

A utilização do mesmo parâmetro pode ser designado de maneira diferente caso o contexto seja mais musical ou sonoro. Por exemplo, dinâmica musical está relacionada com intensidade, volume e amplitude. Contudo estes termos são utilizados em contextos diferentes, embora todos relacionados com a dinâmica musical.

O parágrafo anterior incluiu – propositadamente – as palavras "intensidade" e "dinâmica". Basicamente dizem respeito ao mesmo tipo de parâmetro (intensidade ou volume sonoro), mas "intensidade" está mais ligada ao volume do som enquanto fenómeno sonoro, enquanto que "dinâmica" está mais ligada a aspectos subjectivos de entendimento musical. Exemplificando com algumas situações:

(1) a orquestra sinfónica, tocando *piano*, produz mais intensidade sonora que um quarteto de cordas tocando *forte*;

(2) o maestro pediu ao clarinetista que tocasse mais *piano*, mas que os graves não ficassem abafados pelas trompas;

(3) o maestro pediu às cordas que o *crescendo* fosse mais gradual, mas que no final estivesse tão *forte* como os metais.

---

[294] Por isso, apesar de não ser muito elegante, o título desta tese contém na frase "elementos sonoros e musicais", e não apenas "sonoros" nem apenas "musicais".

(4) na mesma sala, o engenheiro de som aumentou o *ganho* da misturadora em 3dB, uma vez que os microfones tiveram de ser afastados da orquestra;

(5) o engenheiro de som insistiu em mudar de equipamento, apesar do maestro assegurar que o quarteto de cordas que iria actuar depois da orquestra tocaria bastante *forte*.

A âncora do paradigma acústico

Ao analisar a questão dos elementos discretos e contínuos existe um paradigma acústico na conjugação desses elementos. Devido à fisicalidade acústica, diversos parâmetros encontram-se intrinsecamente interligados. Um exemplo bastante claro é o timbre dos instrumentos.

Antes de continuar convém frisar que, neste ponto específico, o timbre pode ser abordado de várias maneiras. Num sentido mais alargado, o timbre de um instrumento pode conter vários timbres bem diferenciados. Isto significa que uma guitarra pode ser tocada com timbres diferentes, por exemplo com a polpa dos dedos ou com as unhas e, no entanto, continuar a ser identificada como o mesmo instrumento. Contudo, em sentido estrito, houve uma mudança de timbre (ao ser dedilhada de maneiras diferentes). Em suma, manteve-se a mesma voz instrumental, ou seja, aquilo que permite reconhecer determinado instrumento (o timbre, em sentido mais lato), embora possa ser tocado com timbres diferentes.

Restringindo o timbre ao espectro sonoro, há uma ligação muito estreita entre timbre e intensidade, ou seja, num instrumento acústico a execução de uma altura com diferentes intensidades corresponde, forçosamente, a diferentes timbres, uma vez que os seus parciais não se comportam da mesma maneira.

Exemplificando esta ideia, veja-se o caso do som do piano. Gravando a mesma nota executada com intensidades diferentes, é possível reproduzi-las numa aparelhagem sonora com a mesma intensidade, fazendo que o seu pico sonoro seja igual em decibéis. Se a fonte tiver pouca diferença de intensidade, a equalização da reprodução pode não apresentar diferenças perceptíveis de timbre. Mas se a diferença for 10 ou 20 vezes superior (10 ou 13 dB), nesse caso as diferenças de timbre tornam-se mais perceptíveis. Num instrumento acústico, um som de intensidade elevada não é a amplificação de um som de baixa intensidade e, consequentemente, um som de baixa intensidade não é uma miniaturização de um som de elevada intensidade.

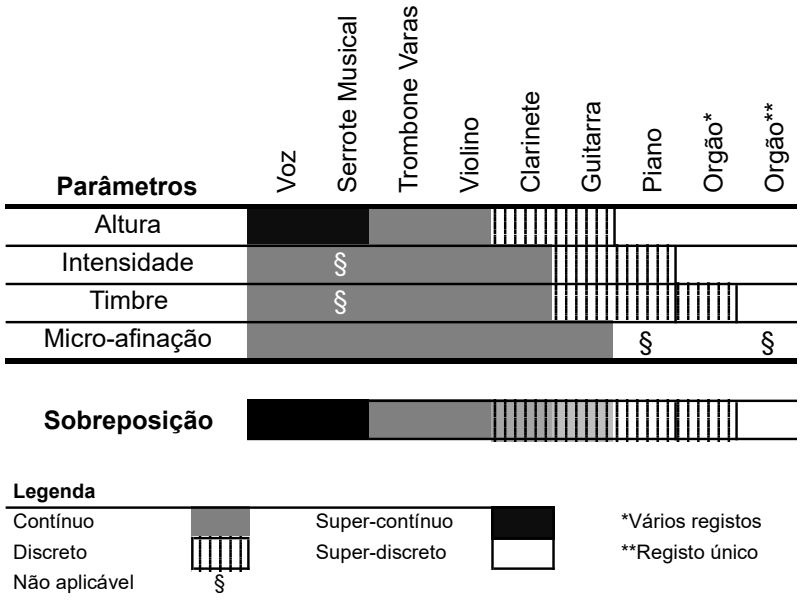
2.4.3. Graus de discrição-continuidade aplicados a parâmetros sonoros acústicos

Nesta subsecção vão ser analisados vários modos de conjugação de discrição-continuidade, tendo em conta os parâmetros base desta investigação. Apesar de

baseados no paradigma sonoro acústico, os instrumentos electrónicos serão devidamente enquadrados mais adiante. A análise segue a seguinte ordem:

1. Observação de capacidades sonoras de uma série de instrumentos acústicos com grande disseminação, contendo algumas excepções;
2. Estabelecimento de vários níveis de discrição-continuidade, de acordo com vários parâmetros observados;
3. Extrapolação dos resultados para o contexto electrónico.

No Quadro 3 estão expostos na coluna da esquerda os quatro parâmetros em análise: altura, intensidade, timbre e micro-afinação. Todos estes parâmetros vão ser classificados qualitativamente da seguinte maneira: contínuo, discreto e não aplicável. Excepcionalmente aparecerão os qualificativos super-contínuo e super-discreto.



Quadro 3. Exemplos instrumentais de discrição-continuidade de parâmetros musicais.

Os parâmetros atrás apresentados são qualificados segundo critérios objectivos e alguns entendimentos subjectivos, justificados de seguida.

2.4.3.1. Altura

A nível de altura, esta investigação qualifica o grau de discrição-continuidade da seguinte maneira:

Contínuos – todos os instrumentos que, por omissão, permitem a execução livre de alturas, sem áreas ou artifícios[295] para delimitação das mesmas (orifícios, trastes ou válvulas);

Discretos – todos os instrumentos que, por defeito, permitem a execução de alturas definidas, tendo áreas ou artifícios para delimitação das mesmas (conjuntos de excitadores, segmentos, orifícios, trastes).

Super-contínuos – todos os instrumentos **contínuos** que permitem executar alturas contínuas de forma ininterrupta em toda a sua tessitura.

Super-discretos – todos os instrumentos **discretos** que só permitem tocar alturas discretas, sem qualquer tipo de modulação. Por norma, o seu excitador só permite gerar uma altura definida.

Complementando as definições anteriores, devem ser dadas algumas explicações. Os qualificativos empregues são em parte subjectivos, uma vez que dependem de uma percepção e, sobretudo, de um contexto de prática musical. Além disso deve ser distinguida a possibilidade da praticabilidade.

Fazendo um paralelo com a capacidade harmónica de um instrumento, qual é o entendimento que deve estar subjacente ao conceito de instrumento harmónico? A possibilidade ou a praticabilidade de executar sons em simultâneo? Deve ser o violino considerado um instrumento harmónico pela possibilidade de tocar cordas duplas? Deve o clarinete ser considerado um instrumento harmónico pela possibilidade de executar multifónicos? E o canto *difónico* transforma a voz num instrumento harmónico? É este tipo de perguntas que a resposta depende duma percepção qualitativa e de prática musical. Nos exemplos atrás apresentados, se há a possibilidade de execução limitada de harmonias, a sua utilização ortodoxa não os qualifica como instrumentos harmónicos.

Exposto o enquadramento anterior, vão ser apresentados alguns exemplos concretos sobre os diferentes qualificativos apresentados. Em termos de **altura**, aquilo que distingue um instrumento super-contínuo de outro contínuo é que, este último, tem em algures na sua tessitura alguma discrição ou impossibilidade de continuidade total. Por exemplo, o violino é super-contínuo em cada uma das suas cordas, não sendo possível fazer um contínuo de alturas entre os extremos de tessitura devido à mudança de cordas. Além disso, tem a possibilidade de tocar alturas discretas quando executa cordas soltas. Esta investigação considera o trombone de varas como contínuo, embora pudesse ser argumentado que, por ser um instrumento de bocal e lidar com diversos

[295] No sentido de meio, ferramenta, processo, engenho. Pese embora possa ser conotado negativamente com manha, fingimento ou ardil, o seu significado geral ajusta-se ao contexto em que foi empregue.

parciais, pudesse ser possível fazer um único *glissando* entre os extremos da sua tessitura. Nesse aspecto, há uma grande diferença com em termos de funcionamento instrumental: a altura do som do violino é definida pela posição do pisar da corda, mesmo nos harmónicos[296]; enquanto no trombone de varas a altura do som é definida pelo comprimento do tubo (posição da haste) e pela pressão da embocadura (que define os harmónicos), suavizando os pontos críticos nas transições de altura. Em suma, entre estes dois instrumentos, poderia ser argumentado que o trombone de varas está mais próximo da continuidade total que o violino, podendo inclusivamente ser considerado como super-contínuo.

Mas quais são os instrumentos indiscutivelmente super-contínuos em termos de altura? São aqueles que percorrem continuamente toda a tessitura sem qualquer tipo de constrangimento. Dois exemplos claros de instrumentos acústicos super-contínuos serão a voz e o serrote musical.

De referir que sejam contínuos ou super-contínuos, o mais importante é que são, *grosso modo*, contínuos. A distinção feita, por si só, não confere superioridade ou inferioridade em nenhum aspecto. É apenas um critério. Por isso, apesar de um apito com êmbolo ser um instrumento super-contínuo, a sua tessitura contínua é mais limitada que a obtida numa única corda de violino. Este último pode ser visto como a junção de quatro unidades instrumentais super-contínuas, como por exemplo os instrumentos super-contínuos de uma só corda. A super-continuidade também pode acarretar enormes limitações: a sirene, utilizada como instrumento musical, só consegue fazer alturas contínuas, ou seja, a execução de duas alturas definidas obriga a execução de todas as intermédias. Sendo assim, há que ter cautela na comparação entre instrumentos: cada um tem características muito próprias e a sua razão de existir não se resume a uma súmula de características técnicas e sonoras. Por isso, relembrando o que foi dito atrás, a diferença entre a continuidade e super-continuidade foi definida por um critério, sem que daí se possam retirar – só por si – vantagens ou desvantagens instrumentais.

Um instrumento com alturas discretas é, segundo esta investigação, o de mais difícil definição. É aquele que permite a execução de alturas discretas, mas não impede a execução de alturas contínuas em parte da sua tessitura (*glissandi* e *portamenti*) ou permite micro-variações de altura (*vibrato*).

Tomando como exemplos o clarinete e a guitarra, apesar das especificidades, foram concebidos para tocar alturas discretas, daí os orifícios do clarinete e os trastes da guitarra. Poder-se-ia argumentar que, *in extremis*, o clarinete pode executar música com

[296] https://www.youtube.com/watch?v=Ue90f5r-2Qw

grandes mudanças de altura contínuas[297/298], assim como a guitarra. Ou mesmo circunstancialmente o trompete[299].

Importa referir que existe uma diferença importante entre a afinação de alturas entre o clarinete e a guitarra. No primeiro caso, a afinação depende em parte do sopro, ou seja, de um elemento activo; no segundo caso a afinação depende quase só da afinação das cordas, ou seja, de um elemento passivo. Contudo, este aspecto, por si só, não altera substancialmente o conceito de discrição global.

Em caso de dúvida, é a prática musical que pode definir estes instrumentos como (1) discretos com capacidades contínuas ou (2) contínuos com capacidade discreta. Esta investigação considera mais ortodoxo o primeiro entendimento, embora admita outras posições, juntamente com a dificuldade de fazer uma escolha absolutamente clarividente.

Os instrumentos com altura super-discreta são todos aqueles em que a discrição é total e absoluta, não permitindo sequer a execução de micro-variações de altura. Exemplos destes instrumentos: piano, xilofone, órgão. De notar que, em grande parte dos casos, o excitador está vocacionado para soar uma única altura.

2.4.3.2. Intensidade

A nível de intensidade, esta investigação qualifica o grau de discrição-continuidade da seguinte maneira:

Contínuos – todos os instrumentos que, por defeito, permitem a modulação contínua da intensidade após o ataque sonoro, através do reforço constante do excitador (sopro ou fricção);

Discretos – todos os instrumentos que, por defeito, só permitem controlar a intensidade no ataque do som, seja ele prolongado por ressonância ou pelo reforço constante do excitador (sopro ou fricção).

Super-discretos – todos os instrumentos **discretos** que só permitem uma única intensidade ou, em caso de ter vários registos, como no caso dos órgãos e cravos, uma única intensidade por registo.

---

[297] http://www.classicfm.com/composers/gershwin/guides/clarinet-glissando-rhapsody-in-blue/

[298] https://www.youtube.com/watch?v=0fNs07fqckk

[299] https://www.youtube.com/watch?v=dNHmUzj-TxI

2.4.3.3. Timbre

O timbre, como foi referido por diversas vezes, é um parâmetro de difícil definição e a sua percepção está amplamente interligada com outros aspectos. Um deles, nos instrumentos acústicos, é a intensidade. Isto significa que, no mesmo instrumento, a altura de um som tocada com intensidades diferentes gera forçosamente diferentes parciais.

Partindo do pressuposto anterior, a um determinado grau de discrição-continuidade na intensidade sonora, vai corresponder o mesmo grau de discrição-continuidade no timbre instrumental. Note-se que se está a falar em sentido estrito, não em sentido alargado. Sendo assim, a nível de timbre, esta investigação qualifica o grau de discrição-continuidade da seguinte maneira:

Contínuos – todos os instrumentos que, por defeito, permitem a modulação contínua do timbre após o ataque sonoro, através do reforço constante do excitador (sopro ou fricção);

Discretos – todos os instrumentos que, por defeito, só permitem controlar o timbre no ataque do som, seja ele prolongado por ressonância ou pelo reforço constante do excitador (sopro ou fricção).

Super-discretos – todos os instrumentos **discretos** que só permitem um único timbre ou, em caso de ter vários registos, como no caso dos órgãos e cravos, um único timbre por registo.

A excepção dos instrumentos de teclas com vários registos

Dentro do princípio de diferentes intensidades gerarem forçosamente diferentes timbres (espectro), pela lógica e por norma, a intensidades super-discretas (apenas uma intensidade) devem corresponder timbres super-discretos. Isto significa, que instrumentos com vários timbres discretos gerarão diferentes intensidades discretas. Mas esta correspondência é refutável e depende do conceito de intensidade.

Se o conceito de intensidade estiver ligado à medição física da intensidade do som, medida com aparelhos e expressa em valores numéricos (e. g. dB, SPL[300]), então é possível aferir que um instrumento pode gerar diferentes timbres com a mesma intensidade. Se o conceito de intensidade estiver ligado à percepção fisiológica do ser humano (mais subjectiva e dependente de outras variáveis), então mantém-se o princípio de diferentes timbres estarem ligados a diferentes intensidades.

Fica a questão da excepção dos instrumentos de teclas com vários registos poderem ser classificados como como super-discretos a nível de intensidade (apenas e

[300] Acrónimo de *Sound Pressure Level*.

uma só intensidade) mas discretos a nível de timbre (diferentes registos) – tal como está esquematizado na coluna "Órgão*" no Quadro 3. Não será possível um guitarrista obter a mesma altura com a mesma intensidade em dB e com timbres diferentes – atacando a corda ora com a polpa do dedo ora com a unha? A resposta é positiva. Mas é preciso distinguir uma excitação dificilmente repetível e obrigatoriamente confirmável pela medição de uma máquina; de um instrumento calibrado com apenas uma intensidade por registo em que, depois de ser medida por uma máquina que há diferentes registos com a mesma intensidade, há a segurança de facilmente ser obtida esta combinação de parâmetros sonoros. É este o critério para a possibilidade de haver instrumentos super-discretos a nível de intensidade e apenas discretos a nível de timbre.

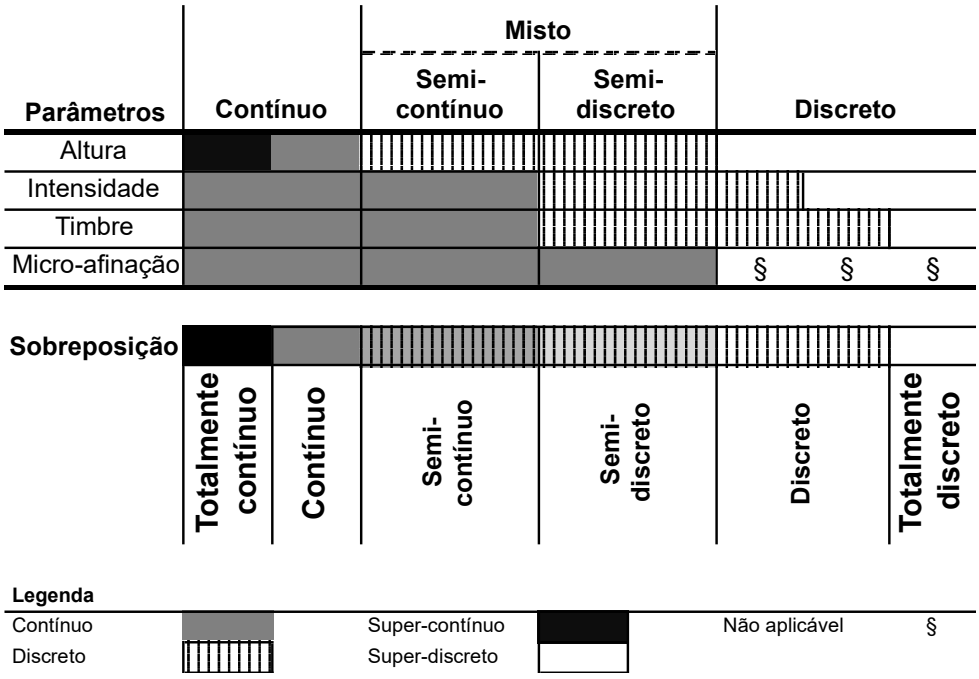
2.4.3.4. Micro-afinação

A micro-afinação diz respeito à capacidade instrumental de realizar pequenas modificações de altura do som conducentes à realização de *vibrato* e à execução de desvios microtonais em relação à base escalar pré-definida.

Os instrumentos com execução super-contínua e contínua estão, por defeito, preparados para realizar todo o tipo de micro-afinações. Os instrumentos anteriormente referidos com capacidade discreta, são também eles capazes de realizar micro-afinações, embora dentro de limites mais restritos que o grupo anterior. Acrescenta-se ainda que pode haver uma grande diversidade no tipo de micro-afinações, de acordo com os instrumentos em análise. Os instrumentos anteriormente referidos como super-discretos são desprovidos de qualquer modulação de altura. Por essa razão, a avaliação dessa capacidade não se aplica.

2.4.4. Graus de discrição-continuidade aplicados a instrumentos acústicos

Partindo dos aspectos atrás tratados, poder-se-ia fazer uma sistematização global, conjugando os diversos parâmetros e todos os graus de discrição-continuidade neles contidos. Deste modo poder-se-ia determinar o grau de discrição-continuidade aplicável a cada instrumento acústico no seu todo. Assim, interpretando os dados apresentados no Quadro 4, haveria três grandes grupos: instrumentos contínuos, mistos e discretos. Mas, mesmo dentro destas categorias, haveria uma diferenciação de grau, tal como vai ser apresentada de seguida.



Quadro 4. Diversos graus de continuidade e discrição: modelo acústico.

2.4.5. Esquema tripartido versus esquema quadripartido

A leitura do Quadro 4 pode ser feita de duas maneiras, de acordo com a familiaridade e ênfase dos conceitos. A própria investigação ainda não concluiu qual a melhor organização das hierarquias superiores, sendo a conveniência de utilização um pouco diferente, como se verá adiante.

2.4.5.1. Esquema tripartido

Este esquema distingue, na sua base, três tipos de continuidade-discrição: (1) contínuos, uma vez que todos os parâmetros em consideração apresentam essa particularidade; (2) mistos, uma vez que conciliam parâmetros contínuos e discretos; e (3) discretos, uma vez que todos os parâmetros analisados não apresentam nenhum grau de continuidade[301].

[301] Poder-se-ia dizer que todos os parâmetros aplicáveis são discretos. Mas convém referir o epíteto "aplicáveis", uma vez que a micro-afinação, por possuir discrição "super-discreta" de alturas exclui – pelos, critérios propostos – a apreciação da micro-afinação.

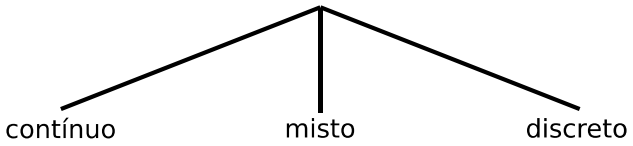


Figura 53. Esquema tripartido base.

Expandindo o esquema a uma hierarquia inferior, é possível acomodar as restantes classificações expostas no Quadro 4.

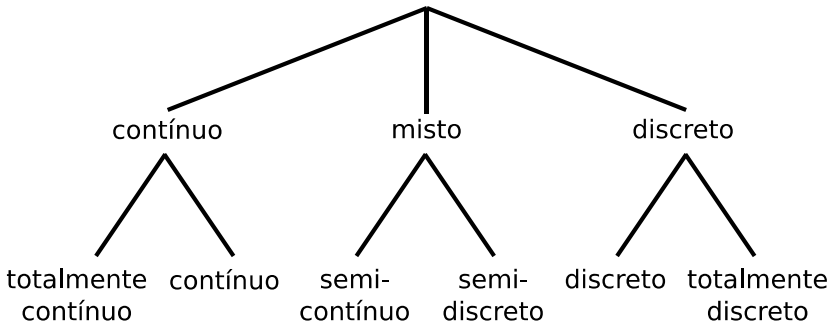


Figura 54. Esquema tripartido expandido.

2.4.5.2. Esquema quadripartido

Este esquema, distingue, na sua base, quatro tipos de continuidade-discrição: (1) contínuos, uma vez que todos os parâmetros em consideração apresentam essa particularidade; (2) semi-contínuos, considerando que os aspectos contínuos se sobrepõem aos aspectos discretos; (3) semi-discretos, considerando que os aspectos discretos se sobrepõem aos aspectos contínuos; e (4) discretos, uma vez que todos os parâmetros analisados não apresentam nenhum grau de continuidade[302].

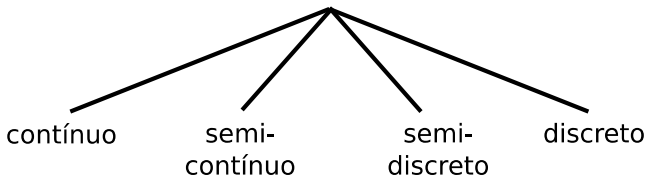


Figura 55. Esquema quadripartido base.

[302] *Idem*.

Expandindo o esquema a uma hierarquia inferior, é possível acomodar as restantes classificações expostas no Quadro 4.

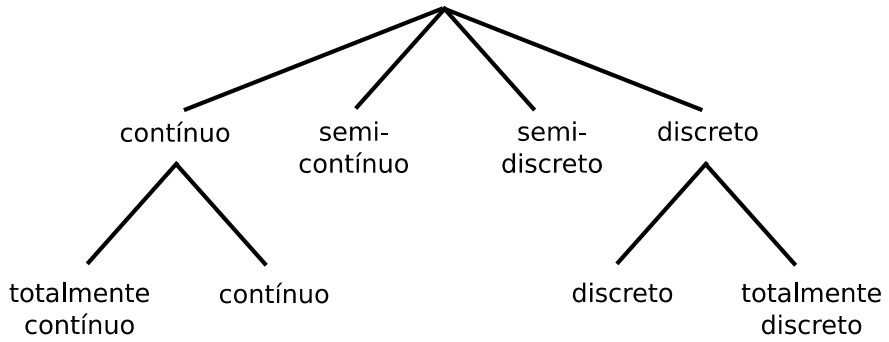


Figura 56. Esquema quadripartido expandido.

2.4.5.3. O uso dos esquemas

Porquê a diferenciação de esquemas? Quais as vantagens de cada um deles? A justificação da razão já foi sugerida no início da secção e está relacionada com o grau de familiaridade e ênfase dos conceitos.

O **esquema tripartido** é mais abrangente no seu grau superior, sendo a classificação mista o resultado por exclusão de partes dos instrumentos discretos e contínuos. Tem a vantagem de deixar em aberto o que é uma continuidade-discrição mista, sendo feita a diferenciação de vários graus apenas se necessário. Tem a vantagem de simplificar a linguagem em descrições mais generalistas, tornando-as mais ágeis e inclusivas[303], como foi feito nos esquemas "*input-out* acústico com graus de discrição-continuidade" (Figura 37, p. 90) e "orgânica energética" (Figura 40, p. 98).

O **esquema quadripartido** define, já no seu grau superior, que existem conjugações diferentes de continuidade e discrição, implicando um conhecimento conceptual prévio mais consolidado. Além disso, coloca no mesmo grau de importância as quatro classificações, enquanto que o esquema tripartido considera a semi-continuidade e semi-discrição como especificidades dos instrumentos mistos. Acresce a vantagem de ser, à partida, mais concreto e especializado para quem lida com estas questões.

Por fim, a utilização do sistema quadripartido não excluí o uso informal da denominação de "instrumentos mistos", nomeadamente quando se refere ao conjunto

[303] Exemplificando com uma frase possível: "o clarinete e a guitarra, sendo instrumentos mistos [em termos de continuidade-discrição], permitem ao principiante uma afinação base mais facilitada que o violino, que é um instrumento contínuo".

dos instrumentos semi-contínuos e semi-discretos. Em boa verdade, o conhecimento destes dois últimos conceitos torna tácita a compreensão de "instrumentos mistos", coisa que não acontece em sentido inverso: o uso da designação "misto" tanto pode ser feito por exclusão de partes, como também pela percepção de algo que mistura discrição-continuidade sem o conhecimento exacto dos parâmetros envolvidos.

2.4.6. Caracterização dos graus de discrição-continuidade

2.4.6.1. Instrumentos contínuos

Todos aqueles que apresentam continuidade nos parâmetros analisados. Há, contudo, alguma diferença no modo como a continuidade da altura pode ser expressada.

Totalmente contínuos

Todos aqueles que apresentam continuidade nos parâmetros analisados, incluindo a capacidade super-contínua a nível de altura do som. A voz, o serrote musical e a sirene enquadram-se nesta categoria.

Contínuos

Todos aqueles que apresentam continuidade nos parâmetros analisados, sem capacidade *super-contínua* a nível de altura de som. Como exemplos instrumentais, podem ser indicados o violino e o trombone de varas.

2.4.6.2. Instrumentos mistos

Estão incluídos todos os instrumentos que misturam parâmetros contínuos e discretos. Há, contudo, que diferenciar que existem instrumentos mais próximos da continuidade (semi-contínuos) e outros mais próximos da discrição (semi-discretos). Os instrumentos mistos aliam discrição geral de altura com capacidade de micro-afinação. A diferença entre eles é a modulação de intensidade e timbre.

Semi-contínuos

Estão incluídos todos os instrumentos que, tendo capacidade discreta a nível de altura e capacidade contínua de micro-afinação, podem modular a intensidade e timbre após o ataque. Para isso contribui a capacidade de sustentação contínua da excitação sonora. O clarinete, o trompete, a *nyckelharpa*[304], podem ser incluídos nesta categoria.

[304] Cordofone friccionado com trastes com possibilidade de continuidade da altura do som.

Semi-discretos

Estão incluídos todos os instrumentos que, tendo capacidade discreta a nível de altura e capacidade contínua de micro-afinação, são incapazes de modular a intensidade e timbre após ataque. Isso deve-se ao facto de a excitação sonora não ser contínua. Nesta categoria incluem-se a guitarra e os tímpanos.

2.4.6.3. Instrumentos discretos

Todos aqueles que apresentam discrição nos parâmetros analisados. Há, contudo, alguma diferença no modo como a discrição de altura, intensidade e timbre pode ser expressada. Nesta categoria está excluída a capacidade de micro-afinação.

Discretos

Todos os instrumentos que, apesar de *super-discretos* na altura do som, permitem executar intensidades diferentes em cada ataque. Por consequência, segundo a lógica anteriormente exposta, permitem a obtenção de timbres diferentes em cada ataque, uma vez que os parciais serão necessariamente diferentes. Nesta categoria podem-se incluir o piano e o xilofone.

O órgão e o cravo com vários registos também podem ser considerados nesta categoria, uma vez que a diferentes registos correspondem, necessariamente, diferentes intensidades e timbres[305]. Podem ser também incluída a excepção dos instrumentos super-discretos a nível de intensidade mas apenas discretos a nível de timbre, tal como apresentada no tópico "A excepção dos instrumentos de teclas com vários registos".

Totalmente discretos

Todos os instrumentos que, além de *super-discretos* na altura do som, não permitem executar diferentes intensidades e timbres. Nesta categoria podem ser incluídos o órgão e o cravo, caso possuam apenas um registo.

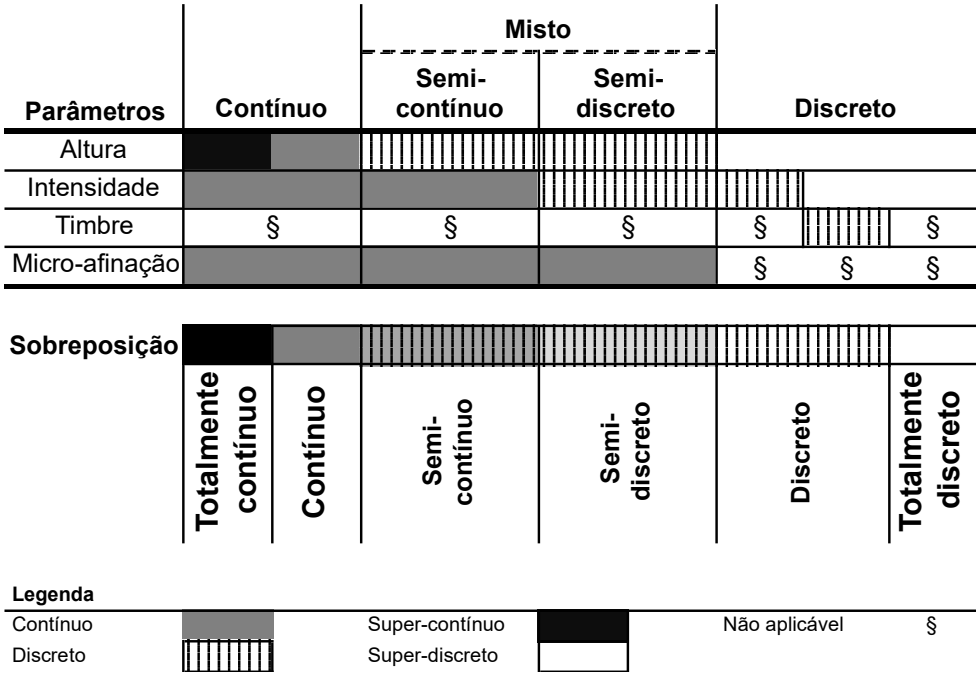
---

[305] A interpretação da utilização de registos como capacidade de variação discreta de timbre é aplicada em cada exemplar instrumental como um todo. Poder-se-ia afirmar que a mudança de timbre deveria ser aplicada na mesma zona de aquisição gestual, e não em zonas diferentes, como o caso de diversos órgãos e cravos com vários manuais. Nesse sentido, alguns instrumentos acústicos podem ser modulares; ou até de constituição indefinida, como no caso da bateria. Contudo, para além da apreciação do exemplar instrumental como um todo, o ponto de vista assumido é o do ouvinte, ou seja, aquele que ouve sem obrigatoriamente saber a orgânica específica de cada exemplar instrumental.

2.4.7. Extrapolação de graus de discrição-continuidade aplicados a instrumentos electrónicos

Tendo em conta a sistematização da secção anterior, far-se-á uma extrapolação para os instrumentos electrónicos, tal como consta no Quadro 5. A palavra escolhida – **extrapolação** – foi propositadamente empregue seguindo o seguinte pressuposto: tirar uma conclusão com base em dados reduzidos ou limitados. Foi evitada a palavra transposição, porque seria demasiado arriscado fazê-lo num contexto instrumental tão limitado.

Sendo assim, esta extrapolação é feita tendo em conta um conceito instrumental análogo ao dos instrumentos acústicos, sabendo de antemão, que estes fazem parte de um universo bastante mais alargado.



Quadro 5. Diversos graus de continuidade e discrição: transposição do modelo acústico para contexto electrónico.

A questão do timbre

O timbre não foi, no Quadro 5, objecto de classificação por uma razão muito objectiva: em contexto electrónico, é um parâmetro que pode ser considerado independente da intensidade. Enquanto que nos instrumentos acústicos a variação contínua de intensidade iria gerar forçosamente mudanças no espectro, no caso dos instrumentos

electrónicos não é forçoso que tal suceda. Assim sendo, um instrumento com capacidades contínuas de altura e intensidade pode apresentar um timbre discreto[306]; ou apresentar variações de timbre contínuas com alturas e intensidades discretas[307].

Esse facto coloca uma questão conceptual muito importante: (1) estará um determinado instrumento a soar com um timbre discreto porque é essa a sua capacidade, (2) ou porque o está a fazer de forma momentânea e voluntária?

Convém referir que os instrumentos electrónicos, no seu conceito mais alargado, podem conter inúmeras características: são modulares, podem ser aumentados, reconfigurados, utilizarem material pré-gravado, pré-sequenciado. Além disso é preciso ter em conta que a sua audição acusmática pode ser insuficiente para revelar se apenas se trata de um exemplar ou um conjunto deles. Tendo em conta o que foi dito, por norma, o modelo proposto não contempla a classificação do timbre.

A hierarquia de parâmetros

Eliminando a questão do timbre, coloca-se a possibilidade de haver instrumentos super-discretos a nível de altura (altura discreta sem micro-afinação) mas com variação contínua de intensidade. Essa combinação é bastante rara nos instrumentos acústicos, normalmente restrita a alguns exemplares de órgãos históricos, onde a variação contínua de intensidade é controlada através do abrir e fechar das portas dos armários onde se encontram os tubos, não sendo uma variação directa do sopro[308] (P. Williams & Thistlethwaite, 2001).

Uma resolução para este tipo de combinações é assumir que algumas delas são mais decisivas que outras, nomeadamente na importância de algo muito contínuo misturado com algo muito discreto gerar um grau de continuidade mais perceptível que a soma de duas coisas pouco discretas.

Outra solução para as diversas combinações é assumir que, em caso de comparação de continuidade entre altura e intensidade, é a altura o parâmetro mais decisivo. Esta justificação assenta (1) na importância da altura em contexto tonal[309]; (2) e na percepção mais objectiva da altura em relação à intensidade.

---

[306] Embora a conjugação de parâmetros possa afectar a percepção de cada um deles.

[307] *Idem*.

[308] Percebe-se que, nesse caso, o sopro não deriva directamente do sopro bucal – estando livre micro-flutuações do aparelho respiratório –, podendo ser inclusivamente substituído por outrem que não o instrumentista ou algum mecanismo de injecção de ar.

[309] É muito mais observável haver música tonal funcional com apenas uma intensidade (como o repertório para tecla do período barroco) do que música tonal funcional com apenas uma altura – mesmo que tenha várias intensidades.

Para fechar este tópico vai ser frisado que as apreciações hierárquicas feitas nos parágrafos anteriores são muito cautelosas e dependentes de concepções musicais não universais. Conclusões mais definitivas e aprofundadas carecem de mais investigação, sendo um ponto de partida para futuros desenvolvimentos.

Instrumentos analisáveis

Em termos de aplicabilidade instrumental, poderão ser analisáveis todos os instrumentos electrónicos que partilhem o modelo acústico de "um gesto para um evento sonoro" (Wessel & Wright, 2001, 2002) e que, à semelhança dos seus congéneres acústicos, tenham uma estabilidade conceptual ou sejam reconhecidos como uma unidade instrumental fechada.

Nos primeiros, poder-se-ão incluir aqueles que são análogos aos instrumentos acústicos, como os primeiros instrumentos electrónicos. No segundo caso, aqueles que são vistos como uma unidade indivisível (só são reconhecidos como tal se tiverem determinadas características não separáveis) e fechada (que qualquer característica adicional é vista como um acrescento). No primeiro caso estão muitos dos primeiros instrumentos electrónicos (*theremin*, *electronic sackbut*); no segundo caso, qualquer exemplar instrumental que lhe seja reconhecida uma tarefa bem delimitada e utilizando os parâmetros sonoros atrás analisados.

2.4.8. Conclusão

A discrição-continuidade de parâmetros sonoros e musicais é um assunto referido no universo instrumental. Seja por classificação instrumental, por técnicas musicais ou performance instrumental. Contudo, o seu estudo sistemático, a definição de critérios relativamente abrangentes e estáveis – sobretudo nas suas possíveis combinações –, as soluções instrumentais e as questões de percepção sonora nem sempre se encontram tão desenvolvidas como a sua aplicação sugere.

Talvez uma das explicações esteja afecta à dinâmica do campo de análise, nomeadamente a sua utilização instrumental e musical. Seja por derivarem de aspectos relativos, por gradações e ordens de grandeza; seja por muitos deles dependerem também da interpretação e uso musical.

Por fim convém salientar que esta temática é fundamental para a aplicação do conceito instrumental proposto e uma das principais justificações da necessidade de aquisição contínua de pressão.

Capítulo 3 - Estado da Arte

Neste capítulo vão ser apresentados os tipos e exemplares instrumentais inspiradores e relacionados com a presente investigação.

Será reflectido o conceito de tecla como área discreta, os principais aspectos morfológicos e tipologias de disposição espacial.

Por fim, será feita uma análise da lógica da representação escalar nos teclados cromáticos padrão.

3.1. CORPUS INSTRUMENTAL

O presente subcapítulo destina-se a fazer um levantamento dos instrumentos inspiradores desta investigação, bem como aqueles que partilham características caras aos conceitos abordados.

Esse levantamento pode incidir sobre diferentes aspectos: parâmetros sonoros, morfologia, capacidades de representação visual, capacidades tácteis, disposições escalares, coerência performativa, aspectos comparativos. Para além disso, há que ter em conta as excepções notáveis que confirmam ou desmentem uma determinada regra.

O parágrafo anterior enumera alguns critérios gerais, mas insuficientes para uma caracterização contextualizada: um critério, só por si, pode ser arbitrário; além disso, o mesmo dispositivo pode ser entendido sob várias perspectivas.

No âmbito desta investigação, são várias as questões que se colocam: será o aspecto táctil o mais preponderante? Será a capacidade de flexibilidade visual? Será a técnica instrumental? Serão as possibilidades sonoras? Qual será a mais pertinente? Será que o mesmo método é aplicável a todo o *instrumentário*? Não há uma resposta simples a essas questões: apenas a assunção que um método, mesmo parcial, é melhor que o caos. Na tentativa de atingir a objectividade metodológica, há sempre alguma subjectividade pessoal ou, pelo menos, influenciada pelo modo como os instrumentos musicais são entendidos. Acresce que, a implementação instrumental preconizada por esta investigação, resulta precisamente da associação de aspectos tácteis e visuais, sendo conceptualmente abrangente.

Por fim, é necessário fazer um equilíbrio entre inspiração e tipologia. Como inspiração podem estar incluídos todos os dispositivos que, por qualquer razão, influenciaram a pesquisa mas que, objectivamente, podem estar remotamente ligados com a ortodoxia instrumental. Como tipologia, podem estar implícitos todos os instrumentos com uma determinada característica bem definida, embora alguns deles excluídos por interesse redundante. Esta investigação tenta fazer um compromisso entre estes dois aspectos.

3.1.1. Instrumentos acústicos com capacidade melódica contínua

A opção de incluir uma secção dedicada apenas a instrumentos acústicos, tal como já foi referenciado várias vezes, resulta da sua estabilidade conceptual e reconhecimento instrumental abrangente. Eles são fonte inspiradora da maneira como conciliam os

aspectos contínuos. Mais que isso, alguns deles representam o modelo paradigmático do que esta investigação considera como instrumentos totalmente contínuos.

Dada a diversidade deste universo instrumental, seria um trabalho desmesurado fazer uma apanhado completo de todos os instrumentos com capacidade melódica contínua. Far-se-á apenas uma análise dos instrumentos mais referenciados e inspiradores, servindo de modelos, podendo haver breve referências a outros, caso haja relevância e adequação.

A análise incidirá mais sobre aspectos puramente instrumentais, deixando os aspectos históricos e culturais para um plano mais secundário. Os instrumentos apresentados apresentam bastantes diferenças entre si, preenchendo um âmbito conceptual significativo.

Violino

O violino é um instrumento de cordas deveras difundido na tradição musical ocidental. Na taxinomia de Hornbostel & Sachs é classificado dentro da família dos alaúdes, ainda que com uma evolução muito própria: "O procedimento de friccionar os instrumentos da família dos alaúdes, originalmente beliscados, conduziu, por ajustamento aos ideais sonoros cambiantes, a alterações na sua construção" (Michels, 2003, p. 39). Está implícita nesta análise a inclusão dos instrumentos da mesma família – viola[310], violoncelo e contrabaixo – mantendo-se, para análise, o princípio da execução com arco. Outros instrumentos de cordas friccionadas sem trastes também se incluem neste âmbito, sejam eles históricos ou de prática actual.

Embora visto como um cordofone friccionado, é também comum a sua utilização dedilhada, nomeadamente para a execução do *pizzicato*. Contudo, caso não seja referido este tipo de utilização, a menção ao violino surge, por norma, associada à sua execução com o arco.

De notar que a utilização do arco, apesar do seu despojamento mecânico[311], é bastante complexa e preponderante: não sendo o elemento destinado a definir a altura do som, é o elemento que define o ataque, modula a intensidade e timbre, e assegura a capacidade contínua de modelar vários parâmetros em simultâneo. Além disso, o seu comportamento é multidimensional, no sentido em que a velocidade do arco, a sua pressão, bem como a massa e tensão das cordas, deve ser tido em conta na excitação sonora (Schoonderwaldt, Guettler, & Askenfelt, 2003).

---

[310] Também designada por violeta ou viola de arco.

[311] No sentido de ausência de peças articuladas, como as engrenagens de um carro ou o mecanismo do piano.

Em termos de discrição-continuidade, esta investigação considera o violino como um instrumento contínuo pela sua capacidade ininterrupta de executar dois sons diferentes com mudança contínua de altura, dinâmica, timbre e micro-afinação.

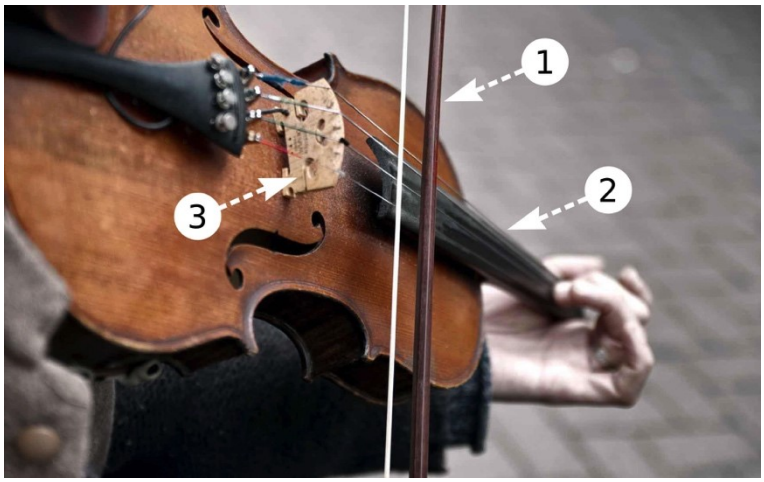


Figura 57. Partes mencionadas do violino[312]: (1) arco, (2) braço e (3) cavalete.

A nível de altura do som, o seu braço sem trastes permite a execução de alturas completamente contínuas na mesma corda. Para além dos limites da sua tessitura, apenas a mudança de cordas e harmónicos pode limitar essa continuidade. De notar que a própria técnica instrumental permite a execução de *glissandi* e *portamenti*, sendo estes aspectos sonoros bem característicos deste instrumento.

A delimitação da altura do som é, tal como em todos os instrumentos de cordas sem trastes, uma tarefa instrumental que requere bastante treino para obter proficiência instrumental, nomeadamente a nível de afinação. Apesar do seu elevado grau de continuidade, é possível a execução de notas absolutamente discretas a nível de altura sonora, bastando executar diferentes cordas soltas para verificar tal facto.

A dinâmica no violino, sendo executada com arco, é caracterizada por elevada continuidade, sendo consequência das variações de pressão efectuadas pelo arco. Contudo é possível obter diferentes intensidades discretas através de *pizzicato*, mudanças do sentido da arcada, jogar com os ressaltos do arco e mudanças de corda.

A manipulação do arco é, apesar da sua aparência despojada, tecnicamente complexa[313] e de longa aprendizagem. O facto de (1) o arco funcionar como um

[312] Imagem do esquema: http://www.newhdwallpapersin.com/wp-content/uploads/2014/09/Latest-Violin-Hd-New-Wallpapers-Free-Download-13.jpg

[313] Só em termos de técnica de arco, Young (2008) enumera seis técnicas comuns: *accented détaché*, *détaché lancé*, *louré*, *martelé*, *staccato*, *spiccato*; enquanto Takala, Hiipakka, Laurson, & Välimäki (2000) apontam sete técnicas violinísticas, utilizando uma nomenclatura ligeiramente diferente: *detache*, *martele*, *staccato*, *saltato*, *spiccato*, *ricoche* e *arpeggio, pizzicato*.

prolongamento do braço humano[314] (2) assente em material tensionado (crinas de cavalo no arco e cordas no seu corpo), (3) juntamente com o facto da produção sonora depender de um reforço contínuo, cria condições favoráveis à modulação contínua da intensidade sonora.

O timbre é um elemento sonoro complexo e dependente de múltiplas variáveis. O facto de o violino permitir a execução contínua de alturas e intensidade sonora são, só por si, uma porta aberta para a execução contínua de timbre. Mas o aspecto mais distintivo do timbre do violino está relacionado com a distância do arco ao cavalete: quanto mais pequena for a sua distância, maior é o timbre "metálico" e "áspero" do som produzido (Jansson, 2002, pp. 19–20). Assim sendo, é possível modular de forma contínua a distância do arco ao cavalete o que, juntamente com a modulação contínua da intensidade e frequência fundamental, garante mudanças claras e contínuas do timbre.

A micro-afinação é um aspecto perfeitamente manipulável, uma vez que a execução contínua de altura permite, por si só, modular variações microtonais. A capacidade de execução do *vibrato* e *portamento* é, por excelência, uma demonstração da sua capacidade de micro-afinação.

Trombone de varas

O trombone de varas é um instrumento de sopro de bocal[315] cuja selecção de alturas é coadjuvada pelo manuseamento de uma vara extensível. As alturas obtidas pelos metais estão relacionados com dois factores: o comprimento da tubagem (com ou sem válvulas) e a pressão exercida no bocal[316]. Esta última serve para obter os parciais base para a manipulação do comprimento do tubo.

Nos metais com válvulas o comprimento do tubo é modificado pela abertura e fecho de tubagem auxiliar, possibilitando a modificação instantânea do comprimento total do tubo. No trombone de varas o comprimento do tubo é feito apenas pela manipulação directa e contínua da extensão do tubo. É esta particularidade estrutural que torna o trombone de varas um notável exemplo de instrumento contínuo.

---

[314] Com variados tipos de gestos mediados pelo ombro, cotovelo, pulso e dedos.

[315] Os instrumentos de sopro com bocal são também denominados por "sopros de metais" ou simplemente por "metais".

[316] É referida como acção genérica mas, na verdade, há que ter em consideração a velocidade do fluxo de ar, a pressão no bocal e a pressão emitida, para além da complexidade bucal do instrumentista (Ludwigsen, 2003).



Figura 58. Partes mencionadas do trombone de varas[317]: (1) Vara; (2) Bocal.

A nível de altura, cada parcial pode ser percorrido de forma contínua em toda a sua extensão, sendo o *glissando* e o *portamento* elementos presentes na sua execução instrumental.

A nível de intensidade, o facto da excitação sonora ser feita através de sopro directo e sustentado, permite uma modulação da intensidade totalmente contínua. Este facto é, aliás, partilhado com quase todos os aerofones, com a excepção dos instrumentos alimentados de forma mecânica ou indirecta, como o órgão, a gaita-de-foles e a sanfona.

As mudanças de timbre podem ser percepcionadas de forma contínua, uma vez que a manipulação contínua de altura e intensidade gera obrigatoriamente mudanças no espectro sonoro.

A micro-afinação é um aspecto perfeitamente manipulável, uma vez que a execução contínua de alturas, por si só, permite modular variações microtonais. O trombone permite a execução de *portamenti* e *vibrati*, sendo este último obtido por embocadura, por extensão de vara ou de forma mista[318].

Serrote musical

O serrote musical é um curioso exemplo de instrumento musical com capacidades contínuas assinaláveis. O seu funcionamento consiste na excitação com um arco de uma chapa metálica flexível em forma de serrote. É precisamente a flexibilidade da serra que proporciona diferentes tensões da matéria excitada, proporcionando a emissão contínua de diferentes alturas sonoras.

---

[317] Esquema feito sobre imagem de trombone de varas tenor King Professional Model 2102S. http://www.conn-selmer.com/en-us/our-instruments/band-instruments/trombones/discontinued-models/2102s/

[318] https://www.youtube.com/watch?v=ypdoN2AVpI4 / https://www.youtube.com/watch?v=mw0TIDeFVCo



Figura 59. Diversos fotogramas de vídeos com performance de serrote musical.

Legenda: (1) Chili Klaus (2:00)[319]; (2) Sakita Hajime (1:27)[320]; (3) Grégoire Blanc (2:20)[321].

A nível de altura – e exceptuando o caso da voz – poucos instrumentos acústicos serão tão contínuos em toda a sua tessitura. No caso do serrote musical, nenhuma mudança de altura poderá ser obtida sem efectuar *glissando* ou interrupção sonora. O facto de ser constituído por apenas um corpo vibrante e, mais importante, o facto do som produzido resultar de uma alteração de tensão do material excitado impossibilita a mudança discreta de alturas sem interrupção sonora.

Em termos de intensidade o serrote musical é bastante peculiar: seja pelo âmbito de amplitudes ser pouco contrastada, seja pela sua variação ser absolutamente contínua. Este fenómeno pouco ortodoxo é resultante da auto-sustentação da matéria vibrante, sendo a intensidade um processo auto-sustentado e reforçado pelo friccionar do arco.

Em termos de timbre o serrote musical é bastante peculiar, podendo ser percepcionado com poucas variações. A razão deve-se, por um lado, ao seu som ser constituído por poucos harmónicos[322]. Por outro lado, o seu envelope acústico é muito idiossincrático, onde as variações de intensidade são contínuas e subtis. É um bom exemplo de como a percepção geral do timbre[323] está também associada à modulação e comportamento temporal da intensidade.

A micro-afinação é um aspecto omnipresente, uma vez que se trata de um instrumento de alturas contínuas. Contudo, um aspecto muito particular no modo como são obtidos os *vibrati* e *portamenti*. Enquanto que no violino, por exemplo, esses dois elementos são ambos obtidos no pisar da corda, no caso do serrote musical o *vibrato* é obtido pelo tremor de uma das pernas de apoio do instrumentista e o *portamento* pelo manusear da extremidade da serra. São dois tipos de manipulação de alturas feitas de

---

[319] https://www.youtube.com/watch?v=7E_U1xyK7Gw

[320] https://www.youtube.com/watch?v=-6nv0iDrAis

[321] https://www.youtube.com/watch?v=6SPLEPdEBuo

[322] https://acousticengineering.wordpress.com/2009/12/31/musical-saws-and-harmonics/

[323] A voz geral de um instrumento, ou seja, aquilo que diferencia um instrumento de outro.

maneira descentralizada, embora feitas de maneira bastante orgânica. Sendo assim – e ao contrário do violino –, o serrote musical permite fazer *portamento* e *vibrato* em simultâneo. Esta simultaneidade é excepcional nos instrumentos acústicos e a clareza com que o faz é deveras surpreendente.

Em suma, esta investigação considera o timbre do serrote musical bastante característico e dificilmente confundível. Mas tal facto deriva da idiossincrasia da sua absoluta continuidade na produção de alturas, planura de intensidade e maneabilidade da sua micro-afinação.

Para finalizar, fica uma comparação entre o serrote musical e o *theremin*. Sendo instrumentos tão diferentes, a continuidade presente entre diferentes alturas com manipulação contínua de intensidade geram resultados bastante miméticos, sobretudo se executados com o mesmo tipo de expressividade e ênfase musical. Não deixa de ser surpreendente a proficiência do jovem Grégoire Blanc na execução destes dois instrumentos[324].

Voz

O aparelho vocal, considerado como instrumento, é um exemplo paradigmático de continuidade perfeita em todos os aspectos analisados. A modulação contínua de altura, intensidade, timbre e micro-afinação pode ser feita de uma maneira absolutamente interligada e, simultaneamente, clara e evidente.

Esta capacidade de modulação é apenas uma amostra da sua complexidade, uma verdadeira filigrana de entoações sonoras que suportam o "verbo oral", aqui vista como uma capacidade de concretização sonora[325] completamente inalcançável a qualquer dispositivo sonoro acústico.

3.1.1.1. Dois casos especiais de microtonalidade ajustada

Vão ser apresentados dois casos especiais de instrumentos acústicos discretos com uma característica de revelo: para além de ambos serem microtonais, a principal razão é a sua microtonalidade ser ajustável.

[324] Existem diversos registos vídeo de Grégoire Blanc tocando estes dois instrumentos em separado. Fica o exemplo de uma montagem vídeo do jovem instrumentista a executar os dois instrumentos em simultâneo: https://www.youtube.com/watch?v=6SPLEPdEBuo

[325] Não confundir com "concretização musical".

Fluid Piano

Este instrumento basicamente adiciona ao piano a capacidade ajustar livremente cada altura discreta, através uma zona de ajuste do tamanho da parte vibrante da corda (Figura 60). Essa zona deslizante[326] confere duas capacidades assinaláveis: (1) a afinação livre de uma determinada nota, permitindo a construção de escalas *ad libitum* com detalhe microtonal; (2) a manipulação contínua da altura do som após o ataque da nota.



Figura 60. Pam Chowhan tocando no *Fuid Piano*[327]

Para melhor compreensão das características expostas, aconselha-se o visionamento do pianista Utsav Lal[328] que, graças a um instrumento tão peculiar como o *Fluid Piano*, toca *ragas* num instrumento de teclas com um funcionamento próximo ao piano convencional[329].

Em termos de conceito instrumental, em comparação com o conceito desta investigação, a superfície de aquisição gestual não é mutável nem configurável, o que constrange a correspondência sonora e visual, tal como foi exposto anteriormente (Figura 2, p.6).

[326] http://www.thefluidpiano.com/the-fluid-piano/features

[327] http://www.pianoworld.com/forum/ubbthreads.php/topics/1310679/

[328] http://www.indianragapianist.com/

[329] http://www.thefluidpiano.com/videos

Guitarras microtonais ajustáveis

As guitarras microtonais ajustáveis são interessantes exemplos instrumentais em dois aspectos caros a esta investigação: (1) flexibilidade de afinação e divisão escalar e (2) transferência de técnica instrumental.

A flexibilidade de afinação permite toca com afinações justas, ou seja, afinações com base em rácios, alguns deles coincidentes com parciais (Burns & Ward, 1982, pp. 255–257). Ao contrário das afinações temperadas, a transposição uma determinada tonalidade não-temperada altera a afinação de intervalos em relação à tonalidade base. As afinações justas não são novidade, e constituíram a base da afinação antes do estabelecimento dos sistemas temperados na europa ocidental. O que verdadeiramente importa é que, juntamente com as afinações justas, acresce a mobilidade dos trastes com o intuito de acomodar diferentes escalas exóticas e microtonais. Assim sendo, cada corda pode, em teoria, ser dividida de maneiras diferentes, permitindo tocar as mais diversas escalas num instrumento tão estandardizado como a guitarra.

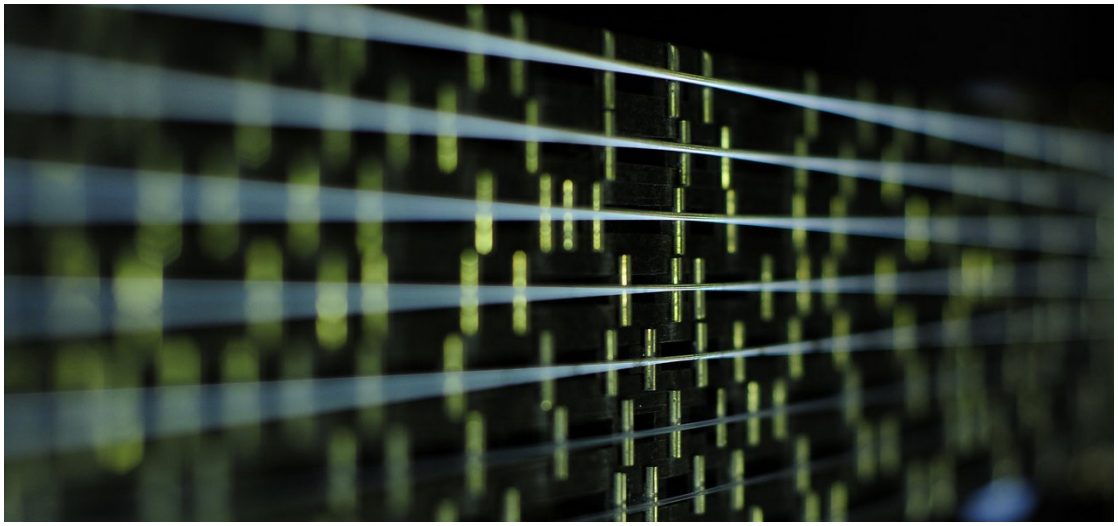


Figura 61. Pormenor do braço da *guitarra microtonal* ajustável[330].

A *Guitarra Microtonal Ajustável* de Tolgahan Cogulu (Figura 61) foi o instrumento vencedor da edição de 2014 do concurso *Guthman Musical Instrument Competition*.

Existem outros modelos e sistemas de mobilidade de trastes: divisão da oitava em 17 partes[331], divisão da oitava em 31 partes[332], divisões experimentais[333], sistemas de

[330] https://www.microtonalguitar.org/

[331] http://www.metmuseum.org/art/collection/search/503429

[332] http://www.haloguitars.com/store/see-and-hear-a-31-tone-microtonal-halo-guitar-in-action

remoção de trastes[334] e sistemas consola de trastes intercambiável[335] (para além da guitarra desprovida de trastes, ou seja, completamente contínua).

De referir que os instrumentos do aparentados com a guitarra ou derivados do alaúde podem apresentar-se de inúmeras maneiras. Muitas culturas utilizam este tipo de instrumentos, assimilando diversos sistemas escalares e tipos de afinação.

Em termos de conceito instrumental, em contraste com o conceito de imagem luz desta investigação, a superfície de aquisição gestual não é mutável e configurável durante a performance[336]. Por fim, sendo um instrumento semi-discreto, não existe modulação contínua da intensidade. De todas as maneiras – mesmo fora do âmbito dos instrumentos de teclas – as guitarras microtonais são exemplos relevantes de flexibilidade e configuração escalar aplicadas a instrumentos discretos.

3.1.1.2. O caso especial do clavicórdio

A simplicidade mecânica do clavicórdio, onde o martelo está directamente ligado à tecla sem qualquer mecanismo de escape, permite obter – para além de diferentes intensidades – pequenas variações de altura, devido à possibilidade de forçar a corda depois do ataque[337/338]. Segundo Bennet "o instrumentista tem a possibilidade de influir no som depois da nota ser ouvida. Este efeito expressivo, exclusivo do clavicórdio, é chamado *Bebung* (palavra alemã que significa "tremido")" (1989, p. 33). Nesse sentido pode ser considerado, segundo os critérios de discrição-continuidade anteriormente definidos, como um instrumento *semi-discreto*.

Outro aspecto relevante é a possibilidade de teclas diferentes partilharem a mesma corda, devido à posição transversal do encordoamento. Isto deve-se ao facto do ataque do martelo dividir a corda em duas secções: uma que fica abafada, pois termina numa tira de pano; a outra que ressoa, pois termina num cavalete. Assim sendo "é possível duas ou mais teclas, com as suas respectivas tangentes, compartilharem do mesmo par de cordas [cordas duplas], fazendo, assim soar diferentes notas (…). Naturalmente, estas

---

[333] http://metatonalmusic.com/ModalJI.html

[334] http://www.google.ch/patents/US3273439

[335] http://josedepradosguitars.weebly.com/fernando-perez-model.html

[336] Deve ser mencionado que a altura do som de uma guitarra deriva directamente da distância dos trastes e do seu posicionamento na corda, ao contrário da arbitrariedade dos teclados.

[337] https://www.youtube.com/watch?v=AlH_ny3-BG8

[338] De referir a existência do *Clavinet*, um instrumento electromecânico construído entre os anos 60 e 80 do séc. XX que, pelo seu sistema de excitação por tangente na corda, partilha algumas similaridades com o clavicórdio (Gabrielli, Välimäki, & Bilbao, 2011).

notas não podem soar ao mesmo tempo" (Bennet, 1989, p. 32). Ainda segundo Bennet, os teclados de clavicórdio que compartilham cordas são denominados como teclado preso; os que têm cordas exclusivas como teclado livre (1989, p. 32).

3.1.2. Instrumentos electrónicos históricos

Os primeiros instrumentos electrónicos são importantes para esta investigação por razões várias: tecnológicas, musicais e morfológicas.

As razões tecnológicas prende-se com a incorporação de novas maneiras de criar sons, a adesão dos instrumentos musicais à *electrofonia*, a criação de um "novo som". Não deve ser menorizado o engenho posto nestes instrumentos: muitos deles carregam ideias verdadeiramente pioneiras: desde a síntese sonora até à distribuição remota e personalizada de música – como o *telharmonium.*

As razões musicais estão relacionadas com o conjunto de parâmetros sonoros em análise nesta investigação: altura, intensidade, timbre e micro-afinação. É certo que a estética musical associada a estes instrumentos é, em geral, um decalque da música instrumental de entretenimento que se fazia com os instrumentos acústicos. Mas esse aspecto pode ser lamento comum ao nascimento de outros meios como a fotografia, a imagem em movimento ou o fonógrafo. É caso para dizer que se a arte e ciência se conjugam plenamente, a ordem e importância dos factores nem sempre são as mesmas. Da Vinci previu o helicóptero, Méliès filmou uma sensacional viagem à lua, Hergé desenhou uma alunagem com preocupações mais realistas. Neste caso, quis a arte antecipar a ciência do futuro. Mas também é verdade que a ciência também criou tecnologias não previstas pelos futurologistas de antanho, como a *internet das coisas* e a computação ubíqua, eixos fundamentais das artes digitais. Por isso é sempre muito refrescante rever o início e a causa das coisas.

As razões morfológicas são também destacáveis, nomeadamente pela inclusão, em grande parte deles, do teclado. Será o teclado um anacronismo ou uma disponibilidade intemporal? Como é que os primeiros instrumentos electrónicos tentaram dar capacidades acrescidas a este tipo de aquisição gestual? São estas questões, entre outras, que os primeiros instrumentos electrónicos poderão dar algumas respostas.

Theremin

Criado por Lev Termen (Léon Theremin), o *theremin*, ou *thereminvox*, ou *etereofone*, inclui-se no lote dos exemplos notáveis de continuidade, devido à manipulação conjunta e contínua de altura e intensidade. O timbre não é manipulável, podendo ser considerado como uma limitação (Gurevich & Muehlen, 2001, p. 28).

A sua manipulação é feita de forma contínua, gerida pela distância das mãos às antenas radioeléctricas. A manipulação é descentralizada, onde uma mão se encarrega

da altura e outra da intensidade. O som é produzido pelo efeito rádio heteródino, sendo o resultado sonoro resultante da diferença de duas frequências inaudíveis, uma fixa e outra variável (Aldoshina & Davidenkova, 2010, p. 51).

A técnica performativa é bastante específica e dedicada ao controlo de variáveis completamente contínuas. Em certas circunstâncias – e apesar do espectro ser bastante diferente – consegue emular a performance do registo agudo do violino – nomeadamente através da utilização conjunta de *portamenti* e *vibrati* em notas longas.

São várias as questões que este instrumento levanta, algumas bastante intrigantes: o que torna o *theremin* um instrumento tão especial? Porque razão é um marco na história dos instrumentos electrónicos? Porquê, ainda hoje, é tão popular? Poderão ser discriminadas três razões, embora estejam interligadas:

Em primeiro lugar pela sua novidade e impacto: tocar um instrumento não tangível ou, brincando com o português, tocar um instrumento que não se toca é, ainda hoje, surpreendente para muitos. O primeiro instrumento que junta o mágico[339], o maestro e o violinista é deveras surpreendente. Hoje em dia as ligações sem fios vão paulatinamente substituindo as ligações de cabos e, no entanto, em 1920[340] foi mostrado algo que desafiava uma relação tão física como a dos músicos e respectivos instrumentos.

Em segundo lugar pelo tipo de gestualidade instrumental, muito ligada à modulação do contínua do som. Ao ser intangível, há uma ligação metafórica ao maestro, como se dirigisse o instrumento, não o tocando. Contudo, essa comparação é metafórica, uma vez que os gestos são puramente instrumentais e dedicados à "construção do som" (como um instrumento) e não à "direcção do som" (como o maestro).

Em terceiro lugar pela sua assombrosa simplicidade e despojamento. Ao contrário de muitos congéneres, não há qualquer mediação tangível entre o instrumento e o seu instrumentista. Não há mecanismos externos visíveis e o seu tamanho é deveras compacto.

Apesar da popularidade e admiração, a obtenção de proficiência é deveras exigente. Não há apoio nem descanso gestual[341], a sua utilização musical é muito vincada a um tipo de sonoridade (binómio altura-intensidade mono-tímbrica) e, finalmente e muito importante, dependente de uma maestria técnica e controlo de

---

[339] Obviamente a referência ao "mágico" deve ser devidamente contextualizada aos olhos do assistente da época, devendo ser interpretada como "irreal", "surpreendente" e "inexplicável".

[340] Patenteado em 1928: https://www.google.com/patents/US1661058

[341] Não é tangível e o som precisa de ser continuamente modulado.

afinação muito apurados. É lógico que é um entendimento subjectivo, mas sobre este aspecto, Max Matheus considerava-o um instrumento difícil de tocar (J. Risset, 2009).

Notáveis instrumentistas fizeram carreira com este instrumento, entre os quais Clara Rockmore foi uma legendária pioneira. O *theremin* tem música de concerto escrita para ele, foi usado na música popular, música para filme, televisão e música para rádio.

Por fim, sobre este instrumento, pode-se questionar a sua real importância musical, bem como os tipos de performance a ele associadas (desde a sala de concerto à atracção televisiva). Mas há uma coisa indiscutível: dentro dos instrumentos electrónicos, o seu estatuto instrumental é inabalável e absolutamente coerente.

Trautonium e Mixtur-trautonium

O *Trautonium* foi criado em 1931[342] por Freidrich Trautwein e foi o primeiro instrumento a permitir o controlo conjunto de posição e pressão (Gallin & Sirguy, 2009, p. 199). Aproveitando esta base, e sendo um virtuoso do *Trautonium*, Oskar Sala criou o *Koncerttrautomium* em 1936[343], seguindo-se, já com capacidade polifónica, o *Mixtur-trautonium*, com a sua primeira demonstração realizada em 1949 (Roads, 1996). A superfície de aquisição gestual é constituída por uma mistura teclas-patilhas com chapa metálica oscilante com uma corda metálica[344]. Esta associação permite a execução de alturas e intensidades contínuas, contando com a referenciação posicional discreta das teclas-patilhas.

Uma das características notáveis deste instrumento é a associação *vibrato-tremolo*. Se o *vibrato* é feito através da movimentação lateral; e a intensidade pela pressão exercida na chapa metálica oscilante; então é possível fazer cada uma das técnicas de forma isolada e conjunta.

Esta conjugação é feita de forma centralizada, ao contrário do que sucede com as *Ondes Martenot*. Em relação ao *Electronic Sackbuck*, se este permite a associação altura-intensidade no mesmo ponto, o facto do *Mixtur-trautonium* ter a chapa metálica oscilante permite maior liberdade na continuidade de alturas, uma vez que não possui a segmentação física das teclas.

---

[342] Apresentado em 1930, segundo Roads (1996, p. 21).

[343] http://120years.net/the-mixturtrautonium-oskar-sala-germany-1936/

[344] https://www.youtube.com/watch?v=F9JFJe0AGzE

Ondes Martenot

Criado por Maurice Martenot, este instrumento é uma grande fonte de inspiração, uma vez que concilia de uma forma notável o binómio discrição-continuidade. As primeiras versões deste instrumento monofónico datam de 1928, embora a formato definitivo de teclado e *ribbon* tenha aparecido em 1933 (Orton & Davies, 2001b).

Este instrumento é constituído por um teclado para selecção discreta de alturas e, junto às teclas, um sistema de anel e *ribbon* para manipulação contínua das mesmas (Figura 62, exemplo 1).



Figura 62. Dois pormenores de *Onde Martenot*[345]: (1) o anel e sistema de modulação de alturas, (2) a consola de modulação de intensidade e escolha de timbre.

A intensidade pode ser modulada através de uma pequena alavanca situada junto aos botões de selecção de timbre (Figura 62, exemplo 2). Na execução de alturas discretas através do teclado, é possível a execução de *vibrato* através da própria tecla: a oscilação da mão vai movimentar lateralmente o teclado como um todo, transmitindo essa flutuação gestual à síntese sonora[346].

Em suma, este instrumento concilia de forma notável a discrição-continuidade de alturas, propondo, para esse parâmetro, dois métodos de aquisição gestual. A variação de intensidade pode ser contínua, embora feita de forma descentralizada. As mudanças tímbricas são efectuadas de forma discreta. O facto de possuir teclado permite executar alturas discretas com grande agilidade, para além de aproveitar a técnica instrumental inerente aos teclados.

[345] http://www.soniccouture.com/en/products/24-vintage/g27-ondes/

[346] https://www.youtube.com/watch?v=ybYIhomm5KM

Electronic Sackbut

Instrumento criado por Hugh Le Caine entre 1945 e 1948[347], tem a particularidade extraordinária de controlar de forma contínua e multidimensional a altura, intensidade e timbre. A intensidade é controlada pelo pressionar vertical da tecla, enquanto a altura é modulada pela movimentação lateral das teclas (G. Young, 1984, p. 206). Neste instrumento monofónico, as teclas são sensíveis quer ao toque quer à pressão, possibilitando a modulação contínua da intensidade do som (G. Young, 1984, p. 206). O timbre é controlado pela mão esquerda através de uma série de comandos situados no topo da caixa do instrumento.

Segundo Young, a ideia inicial de controlo tímbrico seria "activada por pressão na tecla na direcção oposta do executante. Contudo, esta ideia foi rapidamente abandonada devido a problemas técnicos bem como o conceito de timbre de Le Caine tornar-se rapidamente demasiado complexo para ser controlado numa dimensão" (1984, p. 207). A solução encontrada por Le Caine foi um disco giratório onde eram seleccionados diversos timbres. Mas, dentro do conceito desta investigação, o mais relevante era a possibilidade das mudanças tímbricas poderem ser graduais, ou seja, contínuas: "uma mudança na posição do bloco[348] resulta numa mudança das combinações da forma da onda. Assim, a forma da onda pode ser variada, transformando-se gradualmente de uma onda quadrada para uma onda dente-de-serra durante a execução da nota" (G. Young, 1984, p. 208).

Apesar de nunca ter sido desenvolvido comercialmente, este instrumento deixou um importante legado a dispositivos bastante posteriores, como o controlo multidimensional e contínua de altura, intensidade, e micro-variação de altura; assim como o conceito de roda de modulação, neste caso direccionada para o timbre.

[347] http://www.hughlecaine.com/en/sackbut.html

[348] "Pad", no original inglês.



Figura 63. Electronic Sackbut: (1) Hugh Le Caine o instrumento[349]; (2-3) Exemplar em exposição no Museu de Ciência e Tecnologia da Canadá[350/351]: (2) visto de cima e (3) visto de frente.

Em termos do conceito desta investigação – tirando a configuração visual flexível –, apenas falta o controlo centralizado para este poder ser considerado um verdadeiro instrumento 3D. Todavia, é de ressalvar a intenção original de conciliar os eixos XYZ na mesma área discreta. De notar que esta avaliação é direccionada para uma comparação de características, e não de instrumentos musicais no seu todo.

3.1.3. Superfícies tangíveis visualmente projectadas e ecrãs

A dificuldade de circunscrever esta secção

Antes de fazer o levantamento dos conceitos, dispositivos e tecnologias desta secção, convém fazer um ponto de situação: convém distinguir inspiração de estado da arte. A inspiração está relacionada com aquilo que espoletou o processo de criação, o levantamento de um problema ou necessidade, ou tudo aquilo que serve de modelo. O estado da arte pode compreender algumas dessas coisas, mas incluí obrigatoriamente outros pensamentos e pontos de vista, aquilo que está relacionado, aquilo que foi concretizado, aquilo que é exequível. Por isso, aquilo que é inspirador, nem sempre é respaldado pelo estado da arte; assim como o estado da arte não gera, forçosamente inspiração.

O que foi vai ser ilustrado com um caso concreto, pese a absurdidade do mesmo: o teletransporte, tal como apresentado na saga *Star Trek*. Neste momento, pertence ao domínio da ficção científica, provavelmente por muitos anos. Contudo, pode ser fonte de inspiração para muitas outras coisas. No campo das artes e das ideias, não precisando da concretização tecnológica, muito provavelmente foi-o. No campo da ciência,

[349] http://www.hughlecaine.com/en/sackbut.html

[350] Canada Science and Technology Museum / Musée des Sciences et de la Technologie du Canada

[351] http://cstmuseum.techno-science.ca/en/collection-research/artifact-hugh-le-caine-electronic-sackbut-synthesizer.php

especulando dentro do razoável, não existe nenhuma implementação fiel ao conceito inspirador. Mas isso não significa exclusão de inspiração, por ser algo subjectivo e auto-explicativo. Dando alguns exemplos hipotéticos sobre a inspiração do teletransporte: (i) pode ser fonte de inspiração pela velocidade do transporte a curta distância, como por exemplo um elevador no vácuo, onde o passageiro entra numa cápsula num determinado sítio e, num curto espaço de tempo, sai noutro; (ii) pode ser um teletransporte mental onde alguém sem capacidade de mobilidade é sedado e medicado para ter a ilusão de viajar por vários cenários; (iii) pode ser uma loja de peças à medida que envia toda a informação necessária para o cliente imprimir a 3D a peça em casa, materializando um código enviado à distância. Os próprios desenhos feitos por Leonardo da Vinci, onde concebeu máquinas submarinas e voadoras, podem ser fonte de inspiração para a ciência, pese embora possam ser excluídas do seu actual estado da arte.

Voltando à temática da investigação, aquilo que inspirou verdadeiramente o conceito instrumental foi a (1) subtileza multidimensional dos elementos sonoros contínuos de muitos dos instrumentos acústicos, alguns dos pioneiros electrónicos e o *Continuum Fingerboard*; (2) e a possibilidade de juntá-los à flexibilidade visual, conferindo-lhes corpo ou representação discreta. O primeiro ponto de partida é que essa subtileza só pode ser conseguida, dentro do conceito proposto, com uma aquisição táctil *cmXYZ* de elevada qualidade. Este pressuposto, por ser aquele que directamente vai ser traduzido em resultado sonoro, não é negociável, havendo um patamar mínimo de entrada, sem o qual tudo o resto deixa de fazer sentido. O segundo ponto de partida é a flexibilidade visual. Pela sua essência, tudo aquilo que é esculturalmente flexível, sendo visível, torna-se visualmente flexível; mas nem tudo o que é visualmente flexível, é-o esculturalmente (como no caso das imagens de ecrã). Por isso, a referência ao *robot* líquido *T1000*, é verdadeiramente inspiradora mas, tal como apresentada, não concretizável.

Agora vem a grande encruzilhada: (1) deverá optar-se por uma solução onde se combina alguma transformação escultural (e portanto visual) com alguma sensibilidade táctil? (2) ou deverá optar-se por uma solução táctil com flexibilidade visual acrescida, neste caso apoiada por imagem luz (na sua essência, infinitamente flexível)? Tendo de optar por alguma dessas vias, é a segunda que será privilegiada. A solução encontrada, ainda antes da tecnologia de ecrã *3D Touch*, foi a de encontrar algo muito táctil e transparente para sobreposição à imagem luz. Sobre esta opção, há vários aspectos a considerar, como será desenvolvido no "Capítulo 5 - Implementação de Hardware".

De momento, concluindo, o que se quis contextualizar é a amplitude e diversidade do campo das superfícies visuais tangíveis, com muitas soluções tecnológicas e conceitos de utilização. E que algumas delas, parecem simultaneamente próximas e

afastadas do conceito instrumental proposto, exactamente por se adequarem numas coisas e desadequarem noutras.

Histórias paralelas com um futuro comum

A partir do momento que o computador beneficiou de um terminal de ecrã e periféricos como o teclado e o rato, estavam criadas as condições para uma evolução paralela que tenderá a fundir-se: o que tem imagem poderá ser táctil; e tudo o que é táctil, poderá ter imagem.

O conceito de *Tangible User Interface* (TUI), expandindo a base de *Graspable User Interfaces* (Fitzmaurice, Ishii, & Buxton, 1995), faz parte de uma investigação com várias linhas: juntando objectos físicos com ambiente de imagem, utilizadores, informação digital e ambiente físico (Ullmer & Ishii, 1997); o conceito de *tangible bits* (H. Ishii & Ullmer, 1997); variadas aplicações além-GUI (Fishkin, Gujar, Harrison, Moran, & Want, 2000); o conceito de post-WIMP[352] (Beaudouin-Lafon, 2000); e projecção de luz com orientação electromagnética de objectos (Patten, Ishii, Hines, & Pangaro, 2001). Sobre o florescente nascimento de novas tangibilidades, Fishking (2004) avança com uma taxinomia da generalidade dos dipositivos e Jordà (2008) uma reflexão no campo dos instrumentos digitais, mais especificamente nas interfaces tangíveis de mesa.

Em relação aos instrumentos digitais, Jordà (2008) faz um notável balanço entre os novos instrumentos TUI, que possibilitam outro nível de colaboração e partilha de controlo, uma interacção multidimensional e independente[353], a capacidade de tempo-real-contínuo-autónomo[354], o controlo macroestrutural, a grande modularidade, a utilização de um conjunto de técnicas (clicar, duplo clicar, escrever, apontar, deslizar, girar, arrastar ou reposicionar) que, pelo seu arreigamento, constituem um novo tradicionalismo (Jordà, 2008). Jordà acrescenta que esse tipo de utilização é parcial e não invalida outros, beneficiando ainda da utilização de objectos físicos e de um retorno visual de excelência. No mesmo artigo Jordà reconhece também a tradição gestual dos instrumentos acústicos, o refinamento do micro-controlo (ainda que com menos

---

[352] Acrónimo de "Windows, Icons, Menus and Pointing".

[353] Permitindo manipular instrumentalmente diversas variáveis de forma completamente independente. Tomando como exemplo a *ReacTable*, pode-se manipular os fiduciais da altura, intensidade, osciladores, sequências, faixas áudio, em suma, pôr e tirar parâmetros livremente.

[354] Designado por Real-time interaction (RTI) diz respeito à continuidade-autonomia temporal dos parâmetros em execução, ou seja, se nada for feito, continua o que está em acção. Este paradigma não se aplica aos instrumentos acústicos tradicionais, que carecem de acção gestual continuada para continuidade temporal. Neste último caso, esclarece Jordà, esse tempo-real está relacionado com a imediatez da resposta do dispositivo ao gesto.

variáveis), para além de tudo aquilo que só está ao alcance de controladores electrónicos dedicados a um tipo de gestualidade (ex.: sopro, fricção, movimento) ou tecnologia (optimizados para determinados tipos de sensores, instrumentos vestíveis).

Neste ponto é necessário lembrar a encruzilhada: as soluções tecnológicas são muito diversas. Contudo, tudo aquilo que não garante, no seu conjunto, um aquisição táctil satisfatória para a prática instrumental de *um gesto para um evento acústic*o pode tornar-se, dentro do conceito instrumental desta investigação, pouco relevante.

Posto isto, há que combinar diferentes concepções instrumentais e de aquisição gestual, podendo este último aspecto, ser escolhido ou preterido pelo seu enquadramento instrumental. Por isso, no caso dos TUI, a sua utilidade como elemento de aquisição táctil pode depender do grau e da maneira como é feita. Isto faz que muitos deles estejam no limite da sua usabilidade, com a incerteza de, a qualquer momento, poderem ser incluídos por combinação de tecnologias existentes ou excluídos em detrimento de alguma inovação tecnológica.

Sendo assim, a novidade pode surgir da combinação de coisas existentes e, nesse caso, processamento de performance em tempo real ligados a teclas genéricas (Yantis, 1977), a sensibilidade táctil de uma superfície (Sasaki, Fedorkow, Buxton, Retterath, & Smith, 1981), a partição de zonas de interacção (W. Buxton, Hill, & Rowley, 1985), rastreamento tridimensional duma superfície (Lee, Buxton, & Smith, 1985), contando com a possibilidade de projecção de imagem, poderiam ser incluídas no conceito de tangibilidade visual alargada, ainda que não concretizadas na altura. Mas o caminho foi-se fazendo e, assim sendo, a *DiamondTouch*[355] incorporou rastreamento táctil com projecção de imagem (P. Dietz & Leigh, 2001), enquanto a *SmartSkin*[356] acrescentou diferentes intensidades de contacto através da proximidade de um objecto condutivo, como o caso da mão humana (Rekimoto, 2002). Paralelamente, os ecrãs sendo dispositivos de emissão de imagem-luz, puderam ser associados a outros dispositivos ou incorporaram capacidade táctil.

Um notável caso de pioneirismo de associação tacto-visão foi protagonizado pelo controlador *The Rolky*[357] (Johnstone, 1985), onde uma plataforma combina a projecção de imagem através de um monitor CRT[358] com a aquisição de imagem dos bolbos dos dedos numa superfície de *plexiglass*. A visão e o toque, embora sendo descentralizados, são sobrepostos de modo a causar a sensação unicidade. Dentro das necessidades

[355] https://www.youtube.com/watch?v=t35HXAjNW6s

[356] https://www.youtube.com/watch?v=waSXkJBKT1s

[357] Também referido como "The Rolly Asproyd".

[358] Acrónimo inglês de "Cathode Ray Tube".

descritas e solucionadas por este controlador, o autor aponta para a "1) polifonia, ou mais propriamente, poli-toque, 2) sensibilidade, como a de um violino" (Johnstone, 1985, p. 291). Se estes dois pontos forem associados à flexibilidade da projecção luminosa, então este será um dispositivo historicamente relevante para o conceito instrumental desta investigação. Contudo, apesar da sua referenciação em diversa literatura[359], os registos são baseados em fotografias e descrições técnicas, não tendo sido encontrados registos audiovisuais ou elementos descritivos do funcionamento dinâmico, pelo que será necessária mais investigação para determinar a real importância deste dispositivo.

Num artigo retrospectivo, Buxton (2007) faz uma descrição sobre aspectos relacionados com os sistemas *multitouch* e uma resenha histórica dos avanços mais significativos. Nesta resenha, o ponto de partida é precisamente o teclado QWERTY (bastante discreto mas multi-toque pela capacidade de adquirir informação com o accionamento de teclas em simultâneo) e o uso de áreas de rastreamento contínuo da superfície de aquisição gestual *Buchla*. Nesse ponto de partida, está subentendida a existência de ecrãs sem capacidade táctil. A evolução dá-se no sentido dos ecrãs adquirirem cada vez mais capacidade táctil (um toque, depois rastreamento XY, cálculo de área de toque, e dispositivos auxiliares como canetas digitais); assim como os dispositivos hápticos ganharem configuração visual (zonas de interacção delimitadas fisicamente ou com projecção de luz). É o início de uma caminhada iniciada em separado e que, cada vez mais, se tornará partilhada.

A história dos ecrãs tácteis encontra-se descrita por Buxton (2010) e, curiosamente, o autor declara que o *toque* é um "meio", não um "fim em sim mesmo", prevendo também que o avanço da aquisição táctil vai ter em conta a combinação de várias tecnologias. Nesse aspecto, há vários modos de aquisição táctil, tecnologicamente mais ou menos directos (medição ou estimativa); e realizadas depois, no momento ou antes do próprio toque[360]. Dentro da história dos ecrãs tácteis nem sempre é fácil fazer uma sequenciação tecnológica, até porque a evolução da mesma pode ser avaliada sob vários prismas, e considerando o ecrã como uma caixa fechada com projecção de imagem: (i) se a aquisição táctil de faz apenas no âmbito da sua superfície ou com sensores fora dela; (ii) se a aquisição é feita com mãos nuas ou com apetrechos (ex.: caneta táctil); (iii) se é feita num ponto ou em vários; (iv) a profundidade de aquisição

[359] (US2003/0015087A1, 2003, p. 1 [0007]; Haken et al., 1997; Lamb & Robertson, 2011; Miranda & Wanderley, 2006, pp. 32–34).

[360] A antecipação do toque pode ser feita de muitas maneiras, desde sensores rádio eléctricos a visão computacional, sendo já aplicável em dispositivos de grande consumo como os *smartphones* (Hinckley et al., 2016).

(níveis de contactos diferentes); (v) se apenas rastreia informação ou reconhece gestos; (vi) se a aquisição é centralizada ou descentralizada; (vii) se o dispositivo é fixo ou portátil; (viii) se adquire rotação (torque); (ix) o tamanho do ecrã.

Assim sendo, exemplificando, (1) enquanto que o *Lemur* da *JazzMutant* era constituído por ecrã *multi-touch* discreto[361] de 12 polegadas, (2) o LUMI (Gao & Hanson, 2009) associava um ecrã *touch* de 10.4 polegadas com sensor de proximidade de infravermelhos, para além de uma parte física da qual se destacam 32 botões sensíveis à pressão (velocidade e *after-touch*). Como avaliá-los? O primeiro disponibiliza uma maior área de ecrã *multi-touch,* com uma interacção mais centralizada (tocar na própria imagem); o segundo proporciona uma antecipação do toque e uma conjunção de sensibilidade de pressão, embora descentralizada (manipular o que se vê à parte). Neste caso é o tipo de utilização instrumental e o contexto musical que dirá qual dos dois dispositivos é mais adequado para cada utilizador.

Recuando um pouco na reflexão, e voltando à questão dos ecrãs tácteis, há – no campo dos dispositivos musicais –, algumas especificidades a ter em conta[362] e, nesse caso, o toque (que pode envolver muita coisa) é também *um meio indissociável do fim*, pelo menos em algumas situações. Se o resultado sonoro e musical é a finalidade absoluta tácita, corroborando o entendimento de Buxton (2010), é de admitir outros entendimentos culturais e cerimoniais, onde o objecto-instrumento ou a pessoa-instrumento (*corpofone*) podem assumir outras concepções[363]. Mas centrando a reflexão dentro de uma prática virada exclusivamente para o resultado musical, o toque, ou a sua qualidade, em muitas situações, confunde-se com o fim. É certo que Buxton se referia a funções porventura mais utilitárias daquilo que o toque pode fazer num ecrã, dentro da tecnologia disponível na época. Mas, a partir do momento em que o seu uso é admitido como superfície de aquisição gestual instrumental, então é necessário reexaminar esse entendimento.

O contexto táctil é deveras caro aos instrumentos musicais há que ter em conta três aspectos: a **captura**, a **gestualidade** e a **oposição física**.

A **captura** táctil, é um aspecto eminentemente tecnológico: a velocidade e profundidade de captação do toque. Sendo o som um fenómeno eminentemente temporal, pequenas diferenças de latência podem ser suficientes para provocar

---

[361] Um nível de pressão.

[362] Algumas delas descritas genericamente por Wessel & Wright (2001, 2002).

[363] Favilla & Cannon (2006) contextualizam o instrumento como objecto feitiço (*fetish*), algo que pode ser aplicado desde as sociedades pré-históricas até ao exemplo do *iPod* na primeira década de 2000; assim como o acto de construir instrumentos musicais é algo muito antigo e intrinsecamente humano, também suportada pela grande variedade de acções gestuais em torno da materialidade dos mesmos.

desconforto na prática instrumental. Além disso, a profundidade do toque, ou seja, o número de diferentes valores capturáveis também é um assunto deveras crucial. O protocolo MIDI, apesar da sua vetusta idade, prevê 128 níveis de velocidade num determinado ponto. Por isso, o nível de entrada para uma aquisição táctil em contexto instrumental é, no paradigma *um gesto para um evento sonoro*, só por si, bastante alta. Mas este é o aspecto menos importante, uma vez que o aperfeiçoamento da aquisição táctil vai, tendencialmente, aplicar-se a cada vez mais superfícies de aquisição gestual visualmente configuráveis – incluindo os próprios ecrãs.

O segundo aspecto, a **gestualidade**, é um assunto mais complexo, subjectivo e independente dos avanços tecnológicos. A gestualidade instrumental está intimamente ligada com o instrumentista e o seu instrumento e, em casos extremos, a expressão musical está associada ou é influenciada por este binómio. Há recitais de piano em que são utilizados diferentes instrumentos para diferentes reportórios. Pode ser contestado que tal se deve à sonoridade e não ao aspecto táctil dos instrumentos em si. Mas nesse caso, seria inexplicável, a não ser por capricho, vários pianistas tocarem sempre no seu próprio piano durante as suas digressões. A acústica das salas varia, ao contrário do instrumento, sempre o mesmo, e acompanhado com o seu próprio técnico-afinador. As diferenças tácteis entre instrumentos podem ser ínfimas, mas são notadas por muitos artistas. Logicamente existem muitos tipos de músicos e instrumentistas, mas é de prever que, alguns deles, para além do desígnio absoluto de fazerem música, considerem o tacto um assunto não dissociável do resultado final.

O terceiro aspecto – **a oposição física** – está muito ligado com a gestualidade e com a materialidade das coisas. Mesmo uma sofisticada tecnologia de aquisição gestual de proximidade (Lien et al., 2016) de pouco servirá se o retorno táctil da oposição física for um factor determinante. Não se trata de limitação tecnológica, antes pelo contrário[364], mas de encaixe fisiológico. O ponto chave da superfície de aquisição gestual pode ter a espessura de fracção de milímetro, estar relacionada com a tensão dos materiais, o seu peso, curso, rotação, vibração, temperatura[365], desgaste, entre outros parâmetros porventura mais subjectivos. Todo o movimento gestual pode ser contínuo e altamente moldável em função de uma fracção temporal onde o instrumentista exerce a sua acção, tudo muito rápido e em constante reajustamento. O tacto, em muitas

[364] Logicamente outro tipo de abordagens sonoras beneficiarão desta tecnologia (Arner, Batchelor, & Bernardo, 2017). Há que referir, inclusivamente, que a tecnologia de proximidade poderá ser combinada com tecnologia com oposição física. Uma não invalida a outra.

[365] Como, por exemplo, nos sopros (Noreland, 2013, p. 446).

situações, é a mediação tangível do resultado sonoro[366]. Agora a grande questão: mas isso significa que o tacto é um "fim" e não "um meio"? Não necessariamente, pela simples razão que a prática musical é tão diversa, que não existe um arquétipo de todas as necessidades instrumentais. Uns procuram o mais refinado dos instrumentos padronizados. Outros criam os seus próprios instrumentos, de acordo com as suas convicções e negociação da materialidade das coisas. Aquilo que pode ser criticado por uns, pode ser louvado por outros. Aquilo que se quis dizer é que o toque também pode ser um "meio indissociável do fim". Por fim, e como diz Gillespie, "os instrumentos musicais são julgados não apenas como eles soam, mas também pela sensação de os tocar [play]" (1994, p. 167). Para além destes três aspectos – **captura**, a **gestualidade** e a **oposição física** – uma reflexão mais geral é apresentada no "Apêndice B: Conceitos tácteis".

Em relação à implementação desta investigação, como será abordado nos seguintes capítulos, houve constrangimentos técnicos e variáveis nem sempre fáceis de conciliar. Assim sendo, na tríade *transparência* + *condutibilidade eléctrica* + *flexibilidade material*, apesar desta última ser, aparentemente, a menos importante, foi de facto que o ponto de partida. Mas esta é apenas uma abordagem, entre outras.

Os pontos de vista podem ser diferentes, e existem exemplos onde a projecção de imagem foi associada com a visão computacional e manipulação de objectos: *Audiopad* (Patten & Recht, 2002), *ReacTable* (Jordà, Kaltenbrunner, & Bencina, 2005), *Spectrograms* (Levin, 2006), *Bricktable*[367] (Hochenbaum, Vallis, Diakopoulos, Murphy, & Kapur, 2010). Ainda dentro do conceito de mesas TUI, mas sem projecção de imagem, a mesa *Audio d-Touch* utiliza vários *fiduciais* para visão computacional (Costanza, Shelley, & Robinson, 2003).

A vantagem da imagem luz

Qualquer coisa visualizada numa superfície plana poderia ser – em teoria – transposta para um ecrã. Como tal, esta secção necessita de limites bem circunscritos. Em termos de contexto, o aparecimento e massificação de ecrãs tácteis – logo interactivos – veio permitir mudanças profundas na utilização quotidiana de inúmeros dispositivos, tais

[366] Como descreve Gillespie, mesmo em instrumentos com aquisição discreta como o teclado do piano, são vários os factores que a influenciam, da mesma maneira que o sistema de aquisição transmite muita informação táctil ao instrumentista (B. Gillespie, 1992b, 1992a, 1994; R. B. Gillespie, 1996; R. Gillespie, Yu, Grijalva, & Awtar, 2011).

[367] Cuja plataforma serviu para o desenvolvimento de aplicações como *Argos* (Diakopoulos & Kapur, 2010), *Roots*, *Spaces*, *AhText!*, *Maps*, *Tactile.space* (Hochenbaum et al., 2010)

como *smartphones*, *tablets* e visores dos mais diversos objectos (relógios, electrodomésticos, *tablier* de viaturas, *placards*, entre outros).

Aqui coloca-se uma questão fundamental: estes dispositivos podem representar visualmente uma série de outros dispositivos. Estas representações visuais podem ser infindáveis, desde um teclado de telefone ou calculadora, até tudo o que se pode visualmente imaginado. Logicamente, o ecrã tornou-se a pele de muitas máquinas (telefone, rádio, GPS, sintetizador), sendo um terminal da meta-máquina que é o computador.

O *Lemur* da *JazzMutant,* lançado em 2002[368], foi uma combinação de *hardware-software* que mostrou, em escala comercial, a vantagem de poder mostrar diferentes configurações visuais e funcionalidades, ainda que apenas com o rastreamento XY.

Em termos de análise, perante o conceito de "computador embutido num ecrã", é a aquisição gestual táctil e as aplicações visuais para tal desenvolvidas com propósitos instrumentais que devem ser tidas em conta[369], assumindo que são conceitos parciais e incompletos da computação musical.

Imagem com tacto ou tacto com imagem?

Antes de prosseguir com a apresentação do *instrumentário*, é colocada uma questão conceptual: os dispositivos com ecrã táctil devem ser considerados como dispositivos visuais com capacidade háptica ou dispositivos hápticos com capacidade visual? É uma questão deveras interessante que merece uma pequena reflexão.

Por um lado, os ecrãs são, por definição, portadores de imagem luminosa. Sem imagem, a sua existência não faz, na sua essência, sentido. Contudo, em certos dispositivos, aquilo que permitiu aos ecrãs a conquista de área visível foi, precisamente, a aquisição de capacidade táctil. Assim sendo, sem capacidade táctil, o ecrã não teria substituído as teclas do *smartphone,* não podendo usufruir do espaço das mesmas.

De todas as maneiras – e tentando manter a essência das coisas –, os ecrãs são dispositivos visuais. Contudo, a sua incorporação em dispositivos altamente interactivos tem transformado o conceito de *terminal visual* em *pele visual*, onde a capacidade táctil, entre outras, ganha destaque.

---

[368] http://cdm.link/2010/11/jazzmutant-lemur-controller-is-dead-long-live-multitouch/

[369] Apenas aquisição táctil porque, fazendo uma analogia com os sentidos humanos, as máquinas também ouvem (captam sons), vêem (captam imagens), cheiram (analisam gases) e provam (analisam líquidos e sólidos).

Um ecrã é... um ecrã

Este título serve, seguindo o conceito de *superfície plana quadrilateral regular (nem sempre preênsil)* para reflectir sobre as possibilidades e constrangimentos que os ecrãs de hoje em dia apresentam.

Falando metaforicamente, o ecrã, sendo uma janela de imagem luz é também uma janela de oportunidade para mostrar qualquer imagem ou representar visualmente qualquer coisa. E se a capacidade táctil dotou os ecrãs de interactividade, há que ter consciência dos limites da sua materialidade.

É muito complexo avaliar a ergonomia nos instrumentos musicais pois, se ela está presente, não é o critério mais determinante. Respeitando os limites mais básicos da operacionalidade instrumental (nomeadamente a escala), qualquer coisa que respeite as cinco condições preconizadas na secção "2.1.5 – *Instrumentalidade*: cinco premissas conceptuais" pode ser utilizada de forma musical. Impedir, à partida, qualquer tipo de realização instrumental é menosprezar a capacidade criativa do ser humano.

Um assunto diferente é a transposição mais ou menos literal de características instrumentais, nomeadamente morfológicas, para um meio especialmente adverso. Segundo Magnusson, em termos de *acção corpórea*[370] o controlo virtual dificilmente é comparável aos "instrumentos físicos", cuja prática prolongada no tempo os convertem quase em extensões corporais (2006, p. 441). Se é claro que a capacidade de representação visual é infinitamente flexível, também é claro que a sua morfologia, em termos ortodoxos, é altamente idiossincrática e rígida. Num ecrã convencional, tirando o tamanho e respectivas proporções, assim como o peso, todas as características físicas são formalmente muito austeras.

Analisando o exemplo da aplicação *Magic Fiddle* da empresa *Smule*, pode ficar no ar que existe um potencial "violino mágico" em cada *tablet*, reforçado pela demonstração realizada pelos membros do *St. Lawrence String Quartet* (Figura 64), o que pode revelar-se, na realidade, desapontante. Não há qualquer crítica nas intenções, no mérito científico (G. Wang, Oh, & Lieber, 2011), na colaboração entre ciência e arte, no entretenimento[371] proporcionado ou no sucesso comercial da aplicação. Mas um ecrã, por mais que se mimetizem as virtudes de um violino e neste caso, não deixa de ser um ecrã. O que se pretende demonstrar é que, se os ecrã têm capacidades excepcionais a nível de representação visual, têm também grandes constrangimentos.

---

[370] Tradução livre do inglês "embodied action".

[371] Os seus propósitos estão relacionados com a combinação de aspectos musicais, sociais e colaborativos (G. Wang et al., 2009). Ainda recentemente Ge Wang apresentou a expansão lúdica e retrospectiva alargada deste tipo de aplicação (G. Wang, 2016).

Neste caso, a partir do momento em que o ecrã se tornou táctil, uma das razões da existência da aplicação *Magic Fiddle* é a magia da imagem poder representar qualquer coisa, mesmo num meio morfologicamente tão adverso.

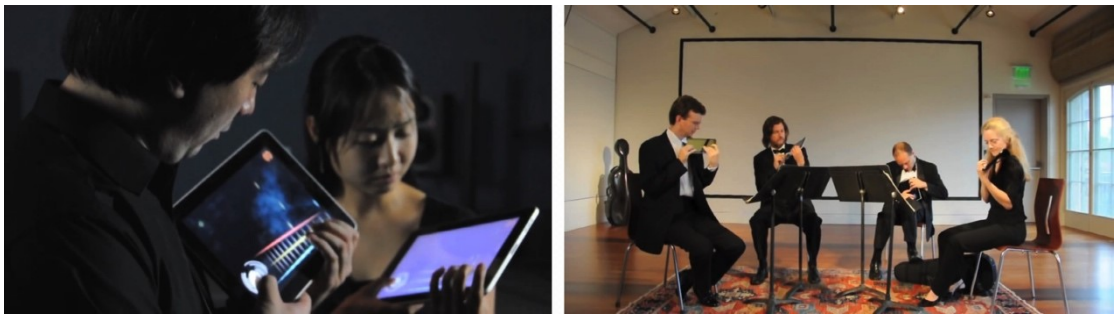


Figura 64. Fotogramas[372/373] de demonstrações da aplicação *Magic Fiddle*.

Se o exemplo anterior prima pelo aproveitamento integral da moldura de luz, outras soluções apostam em soluções híbridas: seja pela substituição do braço de uma guitarra por um *tablet*, como o *BladeAxe* (Michon, Smith, Wright, & Chafe, 2016); ou o *Laptop Accordion*, aproveitando a tríade teclado físico (teclas), teclado virtual (ecrã) e o próprio abrir e fechar (tampa-corpo) do próprio "portátil" (Meacham, Kannan, & Wang, 2016).

Como remate deve ser ressalvado que a evolução geral das coisas é caracterizada por inúmeras soluções, nichos que se tornam dominantes, paradigmas que se transformam ao longo dos tempos, diferentes ritmos de mudança, relações complexas de causa-efeito, pontos de chegada e pontos de partida. Por isso, "um ecrã é... um ecrã" significa também que o ecrã é, nos dias de hoje, uma etapa evolutiva e a principal janela para a imagem luz artificial, embora com as limitações tácteis inerentes à sua tecnologia e morfologia.

3.1.3.1. Dispositivos de ecrã com disposição de teclado

Outputs visuais

As aplicações com representações visuais de teclados devem ser forçosamente referidas. Esta obrigatoriedade, por estranho que pareça, deve-se mais a aspectos de mera representação visual do que verdadeira inspiração instrumental – com tudo o que de subjectivo que isso acarreta. São inúmeras as propostas comerciais ou gratuitas mas, a sua pertinência, para o conceito desta investigação, prende-se mais com a constatação

[372] https://www.youtube.com/watch?v=hnMzSUrevNA

[373] https://www.youtube.com/watch?v=U8wjFmLQJT4

de uma grande universalidade na disposição de teclado e consequente organização escalar[374].

A observação anterior não tem como intuito qualquer tipo menorização ou apreciação pejorativa: o fervilhar de aplicações tanto se deve à apetência comercial como às disponibilidades oferecidas pelo *hardware*. Se este não possibilitar a medição continuada e precisa de pressão, o desenvolvimento de *software* também não pode beneficiar desse pressuposto, sobretudo se a sua utilização é vocacionada para uma comunidade muito especializada, como a dos instrumentistas.

Logicamente as necessidades dos consumidores são bastante diferenciadas e há que admitir que a maioria delas estarão mais vocacionadas para o entretenimento.

Dentro das aplicações visuais, podem ser encontrados bancos de sons, sintetizadores, programas de notação musical, caraoques instrumentais, lições de instrumentos, editores de som e combinações diversas, tudo pode combinado ou ser auxiliado pela imagem de um teclado. Esta flexibilidade visual é, na sua generalidade, muito vantajosa: uma área de luz onde tudo pode ser representado visualmente, ou transpondo para o *tablet*, uma lousa luminosa com múltiplas valências.

É, aliás, muito difícil definir o âmbito deste tópico porque, se a imagem tudo pode mostrar, então existem dispositivos cujo o critério de tecla é geometricamente muito fluído: áreas rectangulares como o teclado padrão, áreas rectangulares fora do âmbito do teclado padrão, áreas hexagonais como o *Hex Player*[375] (Milne et al., 2011; Prechtl, Milne, Holland, Laney, & Sharp, 2012), áreas circulares como o *Pitch Canvas* (Strylowski, Allison, & Guessford, 2014) ou o *Orphion* (Trump & Bullock, 2014), bem como todas as configurações imagináveis e relativamente aparentadas com o (1) conceito de tecla ou (2) uma área visualmente discreta com uma acção-resultado sonoro relativamente transparente (como as áreas de percussão).

---

[374] Uma boa amostra desta diversidade está patente no levantamento feito das aplicações musicais dentro da plataforma iOS (Kell & Wanderley, 2013, 2014). Como uma base que excede as 38000 aplicações, com diversas tipologias (desde a estação de rádio ao controlador instrumental), com diversas metáforas visuais (teclados, cordas, discos, etc.), desde a utilização do simples toque em ecrã até uma grande variedade de sensores (giroscópios, acelerómetros, microfones, câmaras), Kell & Wanderley (2014) apresentaram 752 aplicações associadas ao piano, às quais se juntam 25 de órgão; podendo também ser referenciadas as 132 relacionadas com xilofone, que pode partilhar elementos visuais com o teclado, mais 74 com acordeão. Mesmo auxiliados por análise de texto descritivo das próprias aplicações, os resultados espelham a enorme variedade de potenciais configurações visuais.

[375] Neste caso dedicado a afinações microtonais e variadas escalas fora do âmbito cromático ocidental.

Inputs gestuais

Em relação à representação de teclados, os ecrãs têm funcionado mais como *outputs* visuais que *inputs* tácteis de elevada complexidade, pelo que muito poucas aplicações – mesmo com o *hardware* mais actual –, poderão exibir o entretítulo de "controlador de teclas", ainda mais quando esta designação está associada à fisicalidade das coisas palpáveis com peças móveis.

De recordar que, nesta investigação, como *inputs* gestuais estão implícitos todos aqueles que são análogos aos instrumentos acústicos, onde a energia e posicionamento gestual do executante tem um resultado análogo na intensidade e altura do som. Obviamente os gestos simbólicos e instruções gestuais são elementos de acréscimo de interactividade. E nesse caso, outras disposições para além do teclado beneficiam desta situação. Apenas como exemplos ilustrativos, a aplicação *TouchNoise*[376] articula partículas sonoras onde o movimento dos gestos pode ser associado a quatro tipos de acção: arrasto, magnetismo, repulsa e acentuação (Berndt, Al-Kassab, & Dachselt, 2014, 2015); assim como o *Twkyr* tira benefício da imagem táctil para um manipulador sonoro circular (Yerkes & Wright, 2014).

Voltando à linha condutora desta subsecção, um caso curioso de adição de fisicalidade é o *Rub Synth* onde a interacção com a área da tecla é intencionalmente dificultada, sendo necessário esfregá-la continuamente para a intensidade do som ter um resultado equivalente (Sarier, 2014).

Interessa destacar a valorização dos dipositivos-ecrã com capacidade de aquisição *cmXYZ*: se a idiossincrasia dos ecrãs proporciona um retorno táctil com alguns limites, a medição de pressão contínua com a flexibilidade da imagem luz abre novas perspectivas instrumentais (dentro do âmbito proposto pela investigação).

Nesse caso, importa referir a aplicação *Aftertouch • 3D MIDI Controller*[377], talvez a primeira aplicação comercial desenvolvida para a manipulação multidimensional contínua dos eixos XYZ (Nelson, 2017). Disponível para a plataforma iOS, teve a sua primeira versão em 2016, podendo a grelha de áreas ser configurável no número de linhas e colunas.

De salientar a versão virtual do *Seabord*, disponível na aplicação NOISE[378], que aproveita a tecnologia *3D Touch* da *Apple* para elevar a interacção de ecrã-teclado a um

[376] http://www.cemfi.de/research/touchnoise

[377] https://www.youtube.com/watch?v=mf-eOPwKYaM

[378] https://roli.com/products/software/noise

nível inédito. Dada a particularidade e importância do *Seaboard*, esta aplicação será novamente abordada no tópico dedicado a este controlador.

3.1.3.2. Outros dispositivos visuais relevantes

Embora com uma configuração própria, outros dispositivos com flexibilidade visual merecem ser referidos. A sua originalidade e distanciamento a convenções instrumentais convencionais, acabaram por proporcionar uma abordagem visual grande importância e coerência.

Lemur

O *Lemur* da firma *JazzMutant* ofereceu, na sua época, um importante contributo para a interacção musical com ecrãs tácteis. Nascido em 2002 de um casamento entre o *hardware* tacto-visual da altura e o desenvolvimento de *software* próprio, a visualização flexível parâmetros, representações de elementos gráficos de mesas de mistura e sequenciadores abriu portas à instrumentalização de superfícies visuais, um pouco segundo a lógica do DJ, um condutor de parâmetros, sons e sequências.

O preço do conjunto podia ascender a £1700[379] e, apesar da sua boa receptividade, o aparecimento de dispositivos genéricos a preços bastante inferiores veio comprometer a continuidade deste dispositivo.



Figura 65: *Lemur* como aplicação integrada em dispositivo dedicado[380] e versão para dispositivo genérico[381].

[379] http://www.musicradar.com/news/tech/jazzmutant-lemur-to-be-discontinued-301774

[380] https://www.bhphotovideo.com/c/product/442113-REG/Jazz_Mutant_LEMUR_Lemur_Control_Surface.html

[381] https://liine.net/en/products/lemur/

Terá sido uma morte inevitável ou uma consequência do seu desenvolvimento numa plataforma fechada[382]? Não é uma pergunta de fácil resposta, mas esta investigação considera mais plausível a primeira explicação. A justificação baseia-se no grande desenvolvimento e generalização dos dispositivos tacto-visuais e pela programação *open-source* disponível. Em relação ao *hardware* convém frisar que o desenvolvimento de ecrãs envolve avultados investimentos e elevada economia de escala, inacessível a empresas de pequena e média dimensão.

A questão da linguagem de programação acaba por ser paradoxal: muitos dos possíveis utilizadores intensivos deste tipo de *software* também programam ou estão em contacto com programadores. Ao não estarem dependentes do *hardware*, podem procurar outras soluções mais individualizadas ou com custos mais baixos, sem menosprezar a grande valia do produto original.

Hoje em dia o *Lemur* é mantido pela *Liine*[383] e existe apenas como aplicação vendida a £25 para a plataforma *android* e US$25 para a plataforma *Mac/iOS*.

ReacTable

A *ReacTable* é um exemplo notável interacção com imagem luz. Para o seu sucesso contribuiu a originalidade do conceito, nomeadamente a sua disposição gráfica e a interacção háptica dos seus *fiduciais*. A sua receptividade e reconhecimento nos meios artísticos e na comunidade científica tem sido notável, sendo detentora de vários prémios e distinções (*Hot Instrument of the Year* - Rolling Stone Magazine (2007), *Prix Ars Electronica Golden Nica for Digital Musics* (2008), dois prémios *D&AD Yellow Pencil Awards* (2008), *MIDEM Hottest Music Biz Start-Up Award* (2008), prémio *Ciutat de Barcelona* (2007)[384].

Este instrumento foi concebido em 2003 pelo grupo de pesquisa da Universidade de Pompeu Fabra em Barcelona, constituído por Sergi Jordà, Günter Geiger, Martin Kaltenbrunner e Marcos Alonso. A sua apresentação foi feita em 2005 (Jordà, Kaltenbrunner, Geiger, & Bencina, 2005), embora o projecto tenha sido anteriormente apresentado por Jordà dentro do conceito dos *instrumentos sonográficos*[385] (Jordà, 2003b) e como reflexão e expansão da interactividade musical (Jordà, 2003a).

---

[382] http://www.synthtopia.com/content/2010/11/15/jazzmutant-lemur-6/

[383] https://liine.net/en/products/lemur/

[384] http://reactable.com/about-us/

[385] Do inglês "sonigraphical instruments".

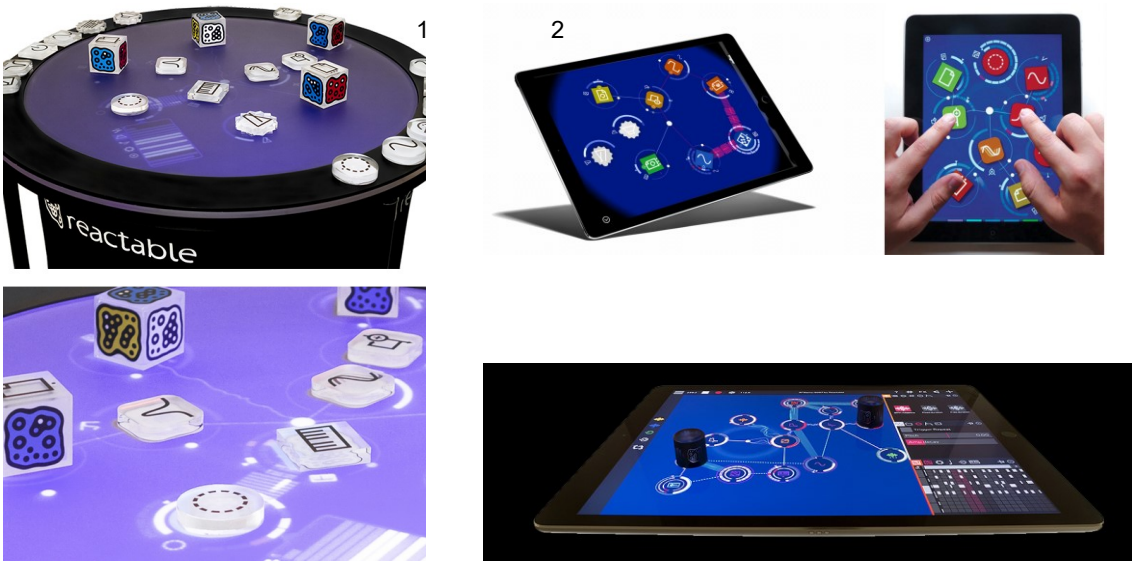


Figura 66. Várias versões da *Reactable*: (1) *Live! S6*[386], (2) *Mobile*[387/388] e (3) ROTOR[389].

Tendo surgido numa plataforma de *hardware* própria, a evolução dos ecrãs de grande consumo não subjugou a sua continuidade e desenvolvimento. Diferindo do *Lemur*, a sua imagem luz é assegurada através de uma superfície e um projector de imagem, e o seu tamanho e forma extravasam a dos ecrãs grande consumo, não estando dependente de um dispositivo centralizado de imagem. A sua interacção é feita com *fiduciais* e visão computacional, ou seja, pequenos objectos visualmente codificados para a manipulação de variados parâmetros sonoros e musicais. Os *fiduciais* têm grande significado instrumental, pelo seu manuseamento físico, resultados sonoros bem delimitados e conjugação de parâmetros.

Existem duas aplicação para dispositivos móveis, a *ReacTable Mobile*[390] e ROTOR[391] (Figura 66, 1-2). Na primeira e mais antiga, abdicou-se do conceito háptico dos *fiduciais* físicos em prol de *hardware* de consumo e grande portabilidade. Na

[386] http://reactable.com/live/

[387] http://reactable.com/wp-content/uploads/2016/03/ipad_pro_rreactable_ableton_without_background.png

[388] http://52.18.104.56/wp-content/uploads/2015/09/reactableapp1.jpg

[389] http://reactable.com/wp-content/uploads/2016/09/final-IMG_8176.png

[390] http://reactable.com/mobile/

[391] http://reactable.com/rotor/

segunda aplicação, mais recente, aproveita a plataforma de dispositivos móveis[392] da *Apple* para utilizar objectos físicos na sua manipulação.

Em conclusão, ao utilizar dispositivos móveis de grande consumo, as *versões aplicativo* podem usufrui todas as valências do *hardware* disponível: microfones, acelerómetros, localização, ligações sem fios e tudo o que estes dipositivos disponibilizarem no futuro. O futuro dirá se a pressão táctil, nomeadamente através de tecnologias como o *3D Touch da Apple* e canetas de pressão[393], será incorporada neste conceito instrumental[394].

E tudo aquilo que pode ser manipulado ecrã

Uma nota deve ser dita sobre a imensidão de dispositivos baseados em ecrã: a partir do momento que ecrãs tácteis de grande consumo passaram a estar disponíveis, deixou de fazer sentido a relação de exclusividade ecrã-aplicação, passando esta última ser aplicada em *hardware* padrão. Por isso, uma imensidão de aplicações fora do contexto do teclado, encontram um campo fértil para o seu desenvolvimento.

Este fenómeno também se aplica à presente investigação, onde a utilização de uma plataforma aberta a vários tipos de ecrãs tácteis possibilitou o desenvolvimento de aplicações complementares bastante diversificadas, como será apresentado no "Capítulo 8 - Aplicações Complementares". Já no que diz respeito à solução do *protótipo hectográfico*, o facto de utilizar *hardware* mais específico e privado de material de produção em larga escala, vê o seu desenvolvimento mais ligado à sua idiossincrasia do seu material.

3.1.4. Dispositivos planos com expressão 3D

Esta secção é dedicada aos dispositivos instrumentais de expressão 3D, ou seja, todos os dispositivos planos onde, no mesmo sítio, é possível modular os eixos X (altura), Y (timbre) e Z (intensidade). De relembrar que a associação de parâmetros XYZ atrás

---

[392] iPad Air/Air 2, iPad Mini 2/3/4, iPad Pro (processador A7+ e iOS8+).

[393] 4096 graus de pressão, no caso do *Surface Pro* da *Microsoft*.

[394] O conceito instrumental da *Reactable* tem a sua identidade própria, pelo que a hipotética inclusão de disponibilidades de *hardware* será feita de acordo com o conceito instrumental pretendido, não havendo necessariamente uma causa-efeito entre novo *hardware* e respectiva aplicação. Por isso, e circunscrevendo a comparação com o *Seaboard* apenas ao domínio da interacção física, apesar de ambos os conceitos possuírem os seus aplicativos móveis, a *Reactable* partiu do conceito de manipulação sonora através de imagem e fiduciais tangíveis; enquanto o *Seaboard* partiu de um conceito táctil associado ao ataque e pressão contínua numa superfície associada ao teclado. O primeiro conceito instrumental foi ancorado na disponibilidade da imagem; o outro na disponibilidade do tacto.

enunciada é arbitrária: qualquer um deles podia ser permutado, repetido, associado ou dotado de outras capacidades e funções.

Há, contudo, uma subtileza conceptual no título desta secção: está subentendido que, além de planos, a superfície alberga áreas ou indicações de alturas discretas em formato ortogonal.

Assim sendo, se alguns deles se apresentam como teclados no sentido estrito – embora com diferentes soluções técnicas e disposições visuais –, outros apenas podem ser aparentados em sentido mais alargado.

Há dois aspectos a ter em conta no levantamento dos instrumentos desta secção: (1) a existência de teclas (peças móveis); e (2) o tipo de disposição visual, análoga ou diferente do teclado padrão. Nos exemplos apresentados existem todas as combinações possíveis: (i) dispositivos com teclas e disposição padrão, (ii) dispositivos com teclas sem disposição padrão, (iii) dispositivos sem teclas com disposição padrão e (iv) dispositivos sem teclas e sem disposição padrão.

Em termos de disseminação instrumental, os dispositivos que partilham todas estas características têm vindo a aumentar paulatinamente. O interesse e a necessidade por este tipo de controlo veio criar uma nova especificação técnica: o *MIDI Poliphonic Expression* (MPE). Projecto iniciado em 2015[395] por um grupo de implementadores de *software* e construtores de instrumentos[396/397] durante uma apresentação na NAMM[398], o protocolo foi lançado oficialmente no dia 28 de Janeiro de 2018[399] pela MIDI Manufacturers Association (MMA). Nesta norma "cada nota é endereçada ao seu próprio canal MIDI, de modo a que as mensagens do canal de expressão possam ser aplicadas a cada nota de forma individual. (…) onde os músicos podem aplicar múltiplas dimensões com o controlo do movimento dos dedos: esquerda e direita, frente e trás, pressão descendente, e mais" (MIDI Manufacturers Association, 2018).

Com esta norma técnica é de esperar que mais fabricantes aumentem a oferta em torno dos dispositivos planos com expressão 3D. De notar a diferença temporal entre o lançamento do *Continuum Firgerboard* e do *Seabord* foi de 14 anos (1999-2013), diferença bastante maior que outros dispositivos posteriores e que, provavelmente, se irá estreitar com o passar do tempo.

---

[395] https://roli.com/stories/mpe-official

[396] *Idem*.

[397] Onde se incluem Roland Lamb (ROLI), Keith McMillen (*Keith McMillen Instruments*), Roger Linn (*Roger Linn Design*) e Amos Gaynes (*Moog Music*).

[398] *National Association of Music Merchants*

[399] https://www.midi.org/articles/midi-polyphonic-expression-mpe

Continuum Fingerboard

O *Continuum Fingerboard* é, para esta investigação, um dispositivo instrumental verdadeiramente inspirador. A maneira coerente como concilia os quatro parâmetros sonoros caros a esta investigação, a sua simplicidade e despojamento visual, e a maneira como transfere a técnica instrumental são absolutamente referenciais. A sua única limitação, em termos conceptuais, baseia-se unicamente na falta de uma representação escalar visualmente flexível e configurável. Tal como foi dito no início desta investigação, o ideal instrumental seria um *Continumm Fingerboard* visualmente flexível.

Desenhado por Lippold Haken, o seu desenvolvimento começou nos inícios dos anos 80[400], onde mais tarde se incorporaram materiais foto-elásticos, borrachas condutivas e técnicas de aquisição capacitiva (Haken, Abdullah, & Smart, 1992). A sua evolução prosseguiu na década de 90 (Haken, Fitz, Tellman, Wolfe, & Christensen, 1997; Haken, Tellman, & Wolfe, 1998), tendo a sua comercialização começado em 1999[401]. Em 2016 foram iniciadas as conferências *ContinuuCon*[402], onde são apresentadas comunicações e performances em torno deste instrumento.

Fabricado pela firma *Haken Audio*[403], o *Continuum Fingerboard* apresenta dois extensões diferentes: tamanho inteiro (93 segmentos) e meio tamanho (47 segmentos), tal como é mostrado na Figura 67. Os segmentos correspondem à disposição adaptada do teclado padrão, de modo a colmatar a falta de relevo da superfície de contacto e, simultaneamente, promover o potencial instrumental. Existem, contudo, alguns exemplares sem a referência visual segmentar, tal como foi mostrado na Figura 11 (p. 14).

[400] https://www.hakenaudio.com/the-team

[401] De acordo com a informação dada por correio electrónico por Lippold Haken.

[402] http://www.continuucon.com/

[403] http://www.hakenaudio.com/Continuum/



Figura 67. Diferentes tamanhos do *Continuum Fingerboard*: (1) tamanho inteiro (93 segmentos visuais); (2) meio tamanho (47 segmentos visuais).

Há que ter em conta o facto relevante do *Continuum Fingerboard* poder ser entendido conceptualmente de duas maneiras distintas. Uma delas, seguindo a lógica do seu nome, pode ser entendida como uma prancha táctil com selecção contínua de altura, intensidade, timbre e micro-afinação e com referência visual de teclado padrão adaptado. Relembre-se a existência de exemplares sem referências visuais. A outra maneira, tendo em conta a sua disposição plana e representação escalar discreta, pode ser entendida como um teclado deveras especial, onde as teclas móveis foram substituídas por uma tira flexível, optimizada para a execução contínua dos parâmetros atrás descritos. Acresce ainda que, em termos de técnica instrumental – e apesar da sua especificidade –, não pode ser considerado um dispositivo instrumental completamente estranho a teclistas proficientes. A posição corporal geral tem grandes semelhanças, a disposição espacial da superfície de contacto é bastante análoga, para além de ser um instrumento com capacidade harmónica, tão cara aos instrumentos de teclas padrão.

Embora esta investigação esteja mais próxima do segundo entendimento, é apenas uma concepção subjectiva de quem está mais ligado à prática de teclado, vendo neste dispositivo instrumental uma ferramenta verdadeiramente notável de, através de uma transferência de técnica performativa, poder concretizar aspectos musicais vedados a teclados convencionais. Outros percursos instrumentais ou abordagens musicais poderão fazer um entendimento em sentido diferente. Talvez o verdadeiro entendimento passe por uma abordagem mista, uma mistura de duas realidades que os instrumentos acústicos, precisamente pela sua ligação à fisicalidade acústica e possibilidades dos materiais, não tiveram oportunidade de criar desta maneira tão específica.

Seaboard

O *Seabord,* do fabricante *Roli,* é um extraordinário caso de conciliação de aspectos discretos e contínuos. Ao contrário do *Continuum Fingerboard*, apresenta um relevo estilizado de um teclado padrão, em que as peças móveis individuais são substituídas

por uma superfície una e maleável. A sua antevisão deixou transparecer uma superfície bicolor (Lamb & Robertson, 2011), embora a sua concretização tenha sido feita a cinza escuro.

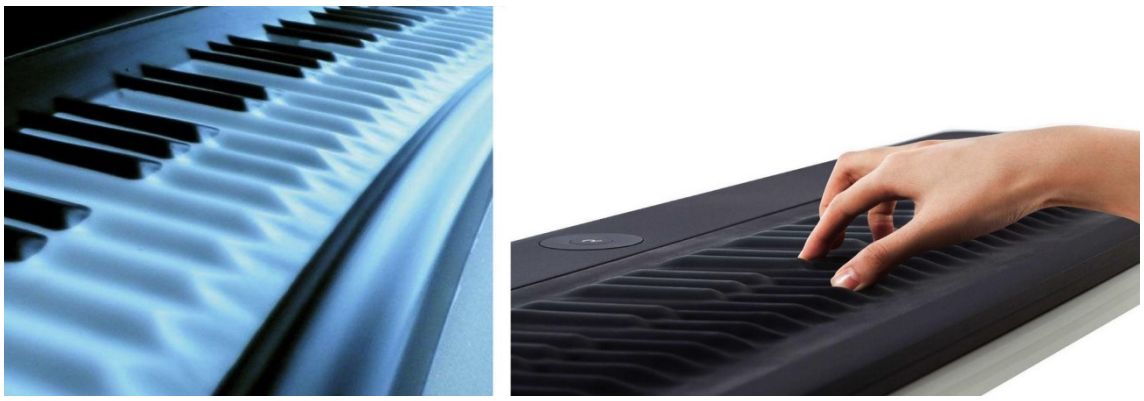


Figura 68. Pormenores do *Seabord*: (1) antevisão publicada na conferência NIME 2009; (2) versão comercial com as suas teclas maleáveis.

Lançado comercialmente em 2013[404], o *Seabord* foi, segundo o conceito inicial, apresentado em três tamanhos, correspondentes aos modelos *Grand Studio* (37 teclas), *Grand Stage* (61 teclas) e *Seabord Limited First Edition* (88 teclas). A consola é basicamente constituída apenas pela superfície de aquisição gestual, apenas com um selector rotativo para aceder às diversas configurações (Figura 69).



Figura 69. *Seabord GRAND*: modelos de 88, 61 e 37 teclas.

Actualmente existe a série RISE, com capacidades acrescidas a nível de manipulação sonora, embora impliquem uma série de auxiliares laterais. Em termos de disposição visual, os segmentos correspondentes às teclas pretas do teclado padrão

[404] https://www.youtube.com/watch?v=8n-bEy9ISpM

http://www.synthtopia.com/content/2013/03/06/new-seaboard-grand-the-evolution-of-the-piano-keyboard/

surgem destacados individualmente por uma linha branca (Figura 70). Esta série é constituída pelos modelos RISE 25 (25 teclas) e RISE 49 (49 teclas). O número de teclas correspondem, respectivamente, a duas e quatro oitavas, sendo medidas muito comuns nos controladores de teclas de pequenas e médias dimensões.



Figura 70. Seaboard RISE 49 e RISE 25[405].

Existe a transposição deste controlador para ecrã, denominada por NOISE, que disponibiliza, segundo a ROLI, o controlo sonoro a cinco dimensões (5D): *glide* (deslizamento do eixo X), *press* (pressão contínua), *strike* (*velocity* ou ataque), *slide* (deslizamento do eixo Y) e *lift* (*release velocity* ou libertação). Todas as dimensões são graduadas em 7 bits MIDI (128 valores), com excepção do glide, que apresenta 14 bits MIDI (16384 valores). Esta capacidade táctil apenas se aplica[406] aos dispositivos com *force touch* da *Apple*.

De notar que o conceito 5D apresentado pela *Roli* é, na verdade, um desdobramento do 3D, nomeadamente no que diz respeito ao eixo Z. A dimensão Z é desdobrada em (1) tempo de impacto na superfície, (2) tempo de continuidade na superfície e (3) tempo de descolagem na superfície.

Assim sendo, a aplicação NOISE é a primeira que junta o conceito de representação flexível de teclado padrão (13, 17 ou 25 teclas[407]) com manipulação contínua e multidimensional dos eixos XYZ. Há, contudo, algumas diferenças em relação à implementação da presente investigação: a parte visual apenas contempla a divisão típica do teclado padrão, não contemplando outras divisões escalares e transposições visuais – tal como apresentado na secção "6.4.8 - Transposições escalares.

[405] https://s3-us-west-2.amazonaws.com/assets.roli.com/images/rise/rise-49-25-birdseye_2400.jpg

[406] Em 17 de Maio de 2017.

[407] https://support.roli.com/article/all-you-need-to-know-about-seaboard-5d/



Figura 71. *Seabord* NOISE: (1) *iPhone*[408]; (2) *iPhone* em conjugação com *Seabord* RISE[409]; (3) *iPad* apenas com teclado[410]; (4) *iPad* com visualização de parâmetros[411]; (5) *iPad* com visualização de superfície de modulação[412].

Voltando ao controlador físico, partindo do pressuposto de uma utilização instrumental próxima do teclado padrão, o *Seaboard* oferece, numa primeira análise, mais vantagens que o *Continuum Fingerboard*, pelo facto de oferecer a disposição padrão com relevo. A disposição das notas alteradas, por exemplo, facilita a execução de acordes. Contudo esta comparação deve ser feita com cautela, uma vez que cada um destes instrumentos tem a sua individualidade instrumental, como a qualidade da aquisição gestual, o mapeamento e síntese sonora e a percepção subjectiva que cada músico faz de determinado dispositivo instrumental.

Há, por exemplo, dois aspectos em que a planura do *Continuum Fingerboard* poderá ser vantajosa, como será analisado na subsecção "3.1.4.2 - Apreciação dos dispositivos 3D".

---

[408] https://s3-us-west-2.amazonaws.com/assets.roli.com/images/noise/touch_2400.jpg

[409] Fotograma (0:29) de: https://www.youtube.com/watch?v=IOFfaTr-bf4

[410] http://a2.mzstatic.com/us/r30/Purple49/v4/7d/b3/8c/7db38c0d-fac0-cbc0-df38-40d377baf623/screen480x480.jpeg

[411] http://a3.mzstatic.com/us/r30/Purple69/v4/b4/ba/3f/b4ba3f31-e1d6-0387-e5d0-a0ae3824fe44/screen480x480.jpeg

[412] http://a1.mzstatic.com/us/r30/Purple69/v4/cd/54/fc/cd54fc7d-9563-0981-ca0f-dd8b632303c8/screen480x480.jpeg

LinnStrument

O *LinnStrument*[413] foi lançado oficialmente por Roger Linn em 14 de Outubro de 2014[414], embora o seu protótipo tenha sido foi apresentado em Maio de 2010[415]. Entre estas dois marcos, foram apresentadas várias possibilidades de desenvolvimento, como se verá mais adiante. Segundo Roger Linn, a ideia inicial passaria por aproveitar a crescente capacidade táctil dos ecrãs para concretizar várias disposições visuais. Contudo, devido à aquisição da *startup Touchco* por parte do departamento da *Kindle* da *Amazon*, forçou outra via de desenvolvimento[416/417].



Figura 72. *LinnStrument:* versão original[418] e variante *LinnStrument 128*[419].

A versão comercial foi originalmente constituída por uma grelha fixa de 200 quadrículas (25 colunas por 8 linhas), cada uma correspondendo a uma determinada nota (Figura 72). Mais tarde foi lançada uma versão mais compacta constituída por 128 quadrículas (16 colunas por 8 linhas).

A organização escalar base é a seguinte: no eixo X as notas vão do grave para o agudo numa sequência cromática (da esquerda para a direita); no eixo Y as notas vão do grave para agudo numa sequência de *4as Perfeitas* (de dentro para fora), numa extensão total de 4 oitavas e uma *7ª Maior* (Figura 73).

Em termos de posição corporal geral, o seu criador prevê a sua execução quer na posição horizontal, quer junto ao corpo a tiracolo[420], em jeito de guitarra.

---

413 http://www.rogerlinndesign.com/linnstrument.html

414 Data da *mailing list*.

415 https://www.youtube.com/watch?v=AoAOx97G8ew

416 https://www.youtube.com/watch?v=5vezUSK4DHY&feature=youtu.be

417 https://www.engadget.com/2010/02/03/amazon-buys-touchscreen-startup-touchco-merging-with-kindle-div/

418 http://www.rogerlinndesign.com/assets/linnstrument-angle-10-19-16.jpg

419 http://www.rogerlinndesign.com/assets/linnstrument128-angle-10-19-16.jpg

420 http://www.rogerlinndesign.com/assets/roger---linnstrument%2c-standing.jpg

A disposição escalar é, *grosso modo*, semelhante à de um braço de uma guitarra, onde cada fila horizontal pode ser comparada com a divisão da corda por trastes; e onde a distância entre as cordas é de uma *4ª Perfeita* (com excepção das 4ª e 5ª cordas, *sol-si*, *3ª Maior*). Este tipo de disposição permite a repetição da mesma nota (com mesma tessitura) em sítios diferentes. Este é uma valia que não se encontra no teclado padrão (com um manual apenas). Outras vantagens, do ponto de vista do utilizador familiarizado, é o isomorfismo desta disposição[421].

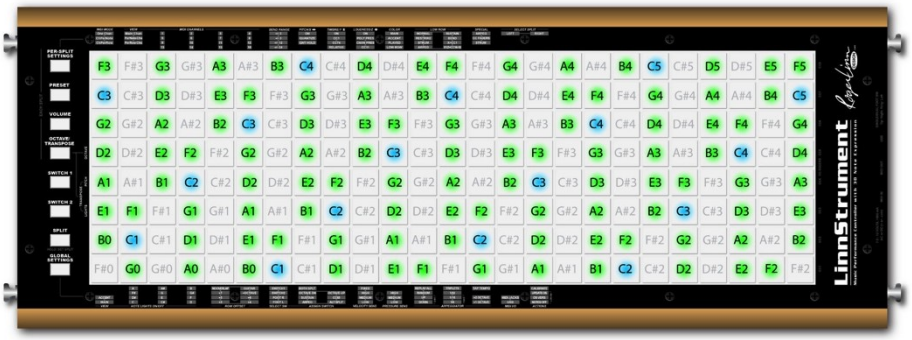


Figura 73. Grelha da notas musicais.

Como reverso da medalha poderá ser dito que esta disposição escalar requer adaptação para quem está habituado ao teclado padrão e o espaço de modulação do eixo Y é limitado ao tamanho da quadrícula. Em termos de flexibilidade visual, segundo o guia do utilizador (Linn, 2018), é possível mudar as cores da representação, transpor notas ou oitavas, desactivar qualquer indicação luminosa, dividir visualmente a superfície e obter a configuração de um sequenciador com várias vistas (escalas, ritmos e notas). Contudo, em termos de controlador análogo aos instrumentos acústicos, a grelha escalar é fixa[422], tendo como base a divisão cromática ocidental.

A única maneira alterar o cromatismo da grelha horizontal seria configurar as distâncias de cada linha e rodar o dispositivo em 90º, tirando proveito da alteração de eixos (ver secção "6.3.7 - Escalas *ad hoc* por rotação de matriz"), embora seja um procedimento pouco ortodoxo.

Em relação à disposição visual, a antevisão instrumental era bastante mais ambiciosa, apresentando quatro tipos de disposição visual, tal como mostrado na Figura 74. Segundo Linn, seria utilizada uma superfície sensível à pressão com capacidade

[421] Seguindo a definição de Park & Gerhard: "um isomorfismo musical é um arranjo regular de (...) notas numa superfície, de tal forma que cada construção musical (por exemplo, um acorde maior) tenha a mesma disposição [shape] qualquer que seja a tónica base" (2013b, p. 319).

[422] http://www.rogerlinndesign.com/ls-faqs.html

multi-touch de elevada resolução, com as dimensões de 47.625x15.24cm[423]. Sobre esta superfície sobrepor-se-iam quatro disposições visuais intercambiáveis: grelha de guitarra, grelha hexagonal, blocos de percussão e duplo teclado padrão (Figura 74). Tendo em conta a imagem disponibilizada, a grelha hexagonal poderia contar com 218 zonas discretas, apenas contabilizando os hexágonos inteiros.

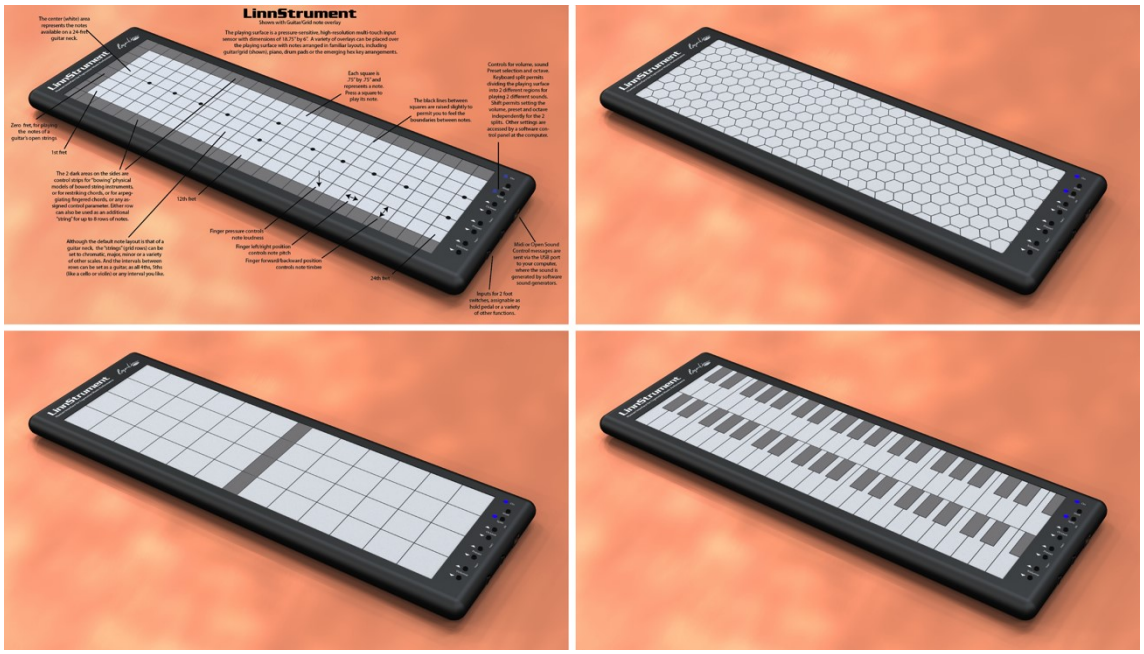


Figura 74. Protótipo de *LinnStrument* com quatro disposições visuais: (1) grelha de guitarra; (2) grelha hexagonal; (3) blocos de percussão; (4) duplo teclado padrão.

Fazendo uma retrospectiva instrumental, tendo em conta as características do LinnStrument, deve ser referenciado o decano *Clavette*[424], um dispositivo instrumental constituído por uma membrana com uma disposição visual hexagonal e vocacionada para a música micro-tonal (Fortuin, 1995). Contudo, a manipulação contínua de altura e intensidade são realizadas por pedais, sendo por isso descentralizada.

Soundplane

O protótipo do *Sound Plane* foi apresentado na conferência NIME 2009. Segundo os autores, o projecto inicial é baseado numa superfície de *força resistiva passiva*[425] sem peças móveis (Randy Jones, Driessen, Schloss, & Tzanetakis, 2009).

---

[423] 18.75 por 6 polegadas.

[424] http://fortuitous-artists.biz/clavett.html

[425] Do inglês “Passive Force-Sensitive Surface”.

A versão comercial foi apresentada pelo fabricante *Mandrona Labs*[426], sendo o primeiro exemplar expedido em Junho de 2012[427]. Constituído por 150 teclas (5 x 30) com disposição escalar configurável[428], este dispositivo alia uma altíssima capacidade de aquisição de dados (1000 vezes por segundo) com a aquisição multidimensional e polifónica dos eixos XYZ, tornando-o um controlador notável.



Figura 75. *Sound Plane*[429].

Em termos visuais, ao ser constituído por peças móveis e opacas, as diferentes configurações escalares possíveis terão sempre uma disposição visual única. Ainda que a sua disposição visual não seja tão vinculativa como a do teclado padrão, a habituação posicional a diferentes escalas pode acarretar treino e habituação.

TouchKeys

O conceito e protótipo desenvolvidos por Andrew McPherson foi apresentado em 2011 (A. McPherson & Kim, 2011; A. P. McPherson & Kim, 2011), e os desenvolvimentos posteriores encontram-se documentados na literatura científica (A. McPherson, 2012; Mcpherson et al., 2013).

É um constituído por uma colecção de sensores com o tamanho e forma das teclas padrão para justaposição a qualquer teclado fisicamente compatível. Através duma rede de sensores em cada tecla, torna-se possível a manipulação contínua dos eixos XY dentro da mesma nota. Segundo o fabricante *TouchKeys*[430], a resolução de cada tecla é

---

[426] http://madronalabs.com/soundplane

[427] Informação cedida por Randy Jones por correio electrónico.

[428] https://madronalabs.com/topics/3612-soundplane-app-1-1-update

[429] *Idem*.

[430] http://touchkeys.co.uk/

de 1500x256 para os eixos XY (Figura 76), com uma taxa de aquisição de 5 milissegundos. O eixo Z pode ser manipulado através de *poliphonic aftertouch*[431], caso o dispositivo base tenha essa valência.

Dentro dos dispositivos 3D analisados nesta secção será, em relação ao teclado padrão, o que apresenta maior conformidade.

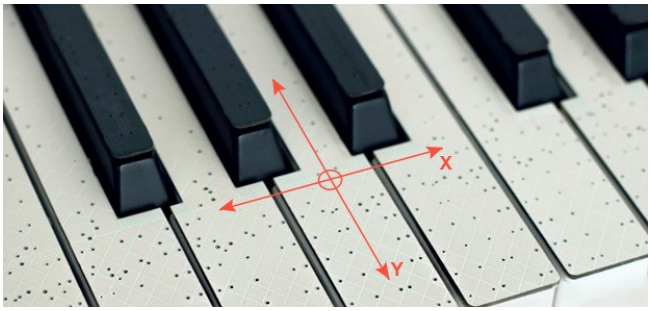


Figura 76. *Touchkeys*[432]

Fazendo uma retrospectiva instrumental e tecnológica, deve ser referenciado o seccionamento da tecla em 8 partes (Dworak & Parker, 1977), o conceito de rastreamento de tecla e tecnologias (Eaton & Moog, 2005; Freed & Avizienis, 2000; Kramer, Moog, & Peevers, 1989; RA Moog & Rhea, 1990; Robert Moog, 1982; Snell, 1983).

K-Board Pro 4

Criado por Keith McMillen, este dispositivo instrumental foi lançado em 2016[433] e apresenta a disposição visual de um teclado padrão. Contudo, e apesar de algum relevo, as áreas correspondentes às teclas não são móveis, sendo a aquisição do eixo Z feita através de uma grelha de sensores[434] (McMillen, 2015).

---

[431] Capacidade de medição da pressão exercida sobre as teclas premidas (*aftertouch*), sendo essa medição adstrita a cada tecla de forma independente (*poliphonic*), ao contrário de assumir apenas o valor mais elevado (*monophonic*).

[432] http://www.eecs.qmul.ac.uk/~andrewm/touchkeys.html

[433] http://www.synthtopia.com/content/2016/11/16/keith-mcmillen-instruments-launches-k-board-pro-4-expressive-mpe-keyboard/

[434] https://www.keithmcmillen.com/labs/

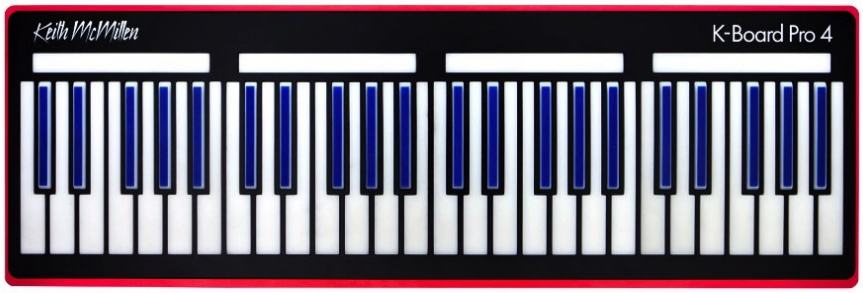


Figura 77. *K-Board Pro 4*[435]

Joué

Apresentado em finais de 2016[436] para implementação em *crowdfunding*, o seu lançamento comercial foi no dia 21 de Março de 2018[437], estimando a *Joué*[438] a entrega das primeiras unidades ainda nesse mês[439]. Criado por Pascal Joguet, este dispositivo combina uma superfície base de alta resolução onde diversos módulos de silicone encaixam de forma a proporcionar várias disposições visuais: teclado padrão, módulos de percussão, segmentos escalares, braço de guitarra, entre outros[440].

A sua base é um sensor com capacidade polifónica capaz de detectar variações de pressão. Aproveitando a tecnologia de sensores RFID (*Radio-Frequency Identification)* é detectada a pressão vertical e horizontal, permitindo a aquisição multidimensional dos eixos XYZ.

Dentro dos dispositivos apresentados nesta secção, é o dispositivo que apresenta maior flexibilidade visual, com excepção da aplicação virtual do *Seaboard*. Sendo a matéria tangível flexível, proporciona um retorno táctil natural, mesmo sem possuir peças móveis.

A configuração *scaler* (segmentos escalares) é constituída por 17 segmentos em forma de tira e pode ser configurada para escalas personalizadas (Joué SAS, 2017, pp. 22–23), se bem que o aspecto visual seja estático. Contudo, tal como o *Soundplane*,

---

[435] https://www.keithmcmillen.com/wp-content/uploads/2017/01/OnWhite_TopDown_KBP4_IMG0350_900x586_72dpi_RGB.jpg?x11652

[436] Primeira demonstração ("Joue announce Kickstarter for new MIDI controller that can replicate multiple instruments - Magnetic Magazine," 2016; "Products – Joué," 2018; Sethi, 2016b, 2016a).

[437] De acordo com a informação dada por correio electrónico por Pascal Joguet.

[438] https://www.play-joue.com/en/

[439] Informação na altura da data de acesso ("The Surface One Fan Page," 2003).

[440] https://www.play-joue.com/en/shop/

ainda que a sua disposição visual não seja tão vinculativa como a do teclado padrão, a habituação posicional a diferentes escalas pode acarretar treino e habituação.



Figura 78. Joué[441].

3.1.4.1. Outros dispositivos planos multidimensionais

Nesta subsecção estão abrangidos dispositivos instrumentais que, não podendo ser estritamente incluídos dentro do conceito superfícies planas com controlo 3D, apresentam características relevantes próximas ou com algum aspecto de continuidade apreciável.

De notar que a inclusão de dispositivos tão diferentes acentua a necessidade de apreciação individualizada, não sendo o objectivo desta subsecção qualquer comparação de conceito instrumental, apenas a análise de características instrumentais caras a esta investigação, dentro da relação de discrição-continuidade.

Superfícies de controlo táctil Buchla

As superfícies de aquisição gestual dos dispositivos instrumentais criados por Donald Buchla são apenas uma parte do extraordinário conjunto de sintetizadores analógicos que marcaram a história da música electrónica. Mais do que isso, estes magníficos dispositivos usufruem de uma eterna juventude, prosseguindo a sua saga através da marca *Buchla Electronic Musical Instruments*[442].

Desde a concepção inicial dos sintetizadores por módulos, Buchla incluiu também a faceta da performance: "o seu conceito incluiu um teclado sensível à pressão, na

[441] https://www.play-joue.com/wp-content/uploads/2017/01/Joue-Main-Picture-1024x683.jpg

[442] https://buchla.com/

realidade uma matriz de tiras metálicas que eram sensíveis às mudanças de pressão com a qual eram tocadas" (Chadabe, 1997, p. 147). Em 1966 surgiu a empresa que lançou o *100 series Modular Electronic Music Systems*, começando a saga que incluiu superfícies de controlo táctil como *LEM218* ou *Easel 218 Voltage Fader*, fazem parte do controlo gestual de sintetizadores e sistemas modulares analógicos. Mais tarde, já com o protocolo MIDI surgiram os dispositivos *Thunder* (1990) e *Marimba Lumina* (1999).

Actualmente, a marca *Buchla* disponibiliza as superfícies de controlo *LEM218* e o conjunto *Easel-K* (Figura 79). O teclado *LEM218,* sensível à pressão, expande o lendário 218 que estava acoplado ao sistema *Music Easel 200e*, podendo actualmente ser usado com outras normas de sintetizadores (Buchla Company, n.d.-b).

O sistema modular *Easel-K* contém uma unidade com uma superfície táctil (*223e Multi-Dimensional Kinesthetic Input*) constituída por 27 segmentos sensíveis à pressão, 14 dos quais sensíveis à localização em uma ou duas dimensões (Buchla Company, n.d.-a). Assim sendo, esta superfície inspirada no *Buchla Thunder*[443], controla, juntamente com o módulo de *hardware* a ele adstrito (*Tactile Input Port 223e*), "localização, pressão, impacto e afinação de voltagem" (Buchla Company, n.d.-a).



Figura 79. *Buchla LM218H*[444] e *Easel-K*[445]

[443] Superfície táctil criada em 1990, onde uma série de áreas não mecânicas dispostas em relação ao contorno da mão eram sensíveis ao impacto, pressão e posicionamento (Chadabe, 1997, p. 227).

[444] https://buchla.com/product/buchla-lem218/

[445] https://buchla.com/wp-content/uploads/2015/06/Easel-k.jpg

Manta

Este dispositivo destaca-se pela capacidade de cada um dos seus 48 hexágonos captar de forma contínua valores entre 0 e cerca de 210[446], proporcionando um controlo bastante preciso e com muito baixa latência (apenas 6ms[447]). Contudo esses valores não se referem à pressão exercida pelos dedos, mas sim à área ocupada pelos mesmos em cada sensor[448]. Adicionalmente proporciona, um retorno visual através da retroiluminação dos hexágonos[449/450]: a âmbar quando o sensor é tocado ou exibe informações relativas ao controlo local do dispositivo; a vermelho quando é envida informação do computador para o dispositivo.

Criado em 2008 por Jeff Snyder, a sua versão comercial foi lançada em 2009 como um produto da marca *Snyderphonics*, sendo utilizado tanto como controlador instrumental, controlador em tempo-real de som e de vídeo, de acordo com as aplicações de *software* empregues (Snyder, 2011).

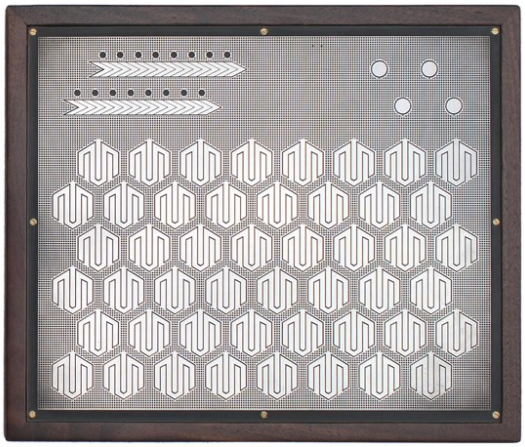


Figura 80. *Manta*[451]

Evo

A informação deste dispositivo instrumental é escassa e resume-se a um conjunto de notícias[452] lançadas entre 2011 e 2014, relativas ao lançamento de um controlador onde

[446] https://snyderphonics.com/documentation.htm

[447] *Idem*.

[448] https://www.youtube.com/watch?v=pnGvLH0k6yE

[449] https://vimeo.com/17039813

[450] http://cdm.link/2010/11/velocity-sensitive-touch-manta-meets-ableton-live-7up/

[451] https://snyderphonics.com/manta.htm

o *after-touch* seria sensível ao posicionamento e deslocamento dos dedos no sentido Y (norte-sul).

Contudo a *Endeavour*, a *startup* de Simon Kemper, não chegou a vingar comercialmente, apesar de ter preços estimados e vídeos de demonstração contidos nas notícias da época.

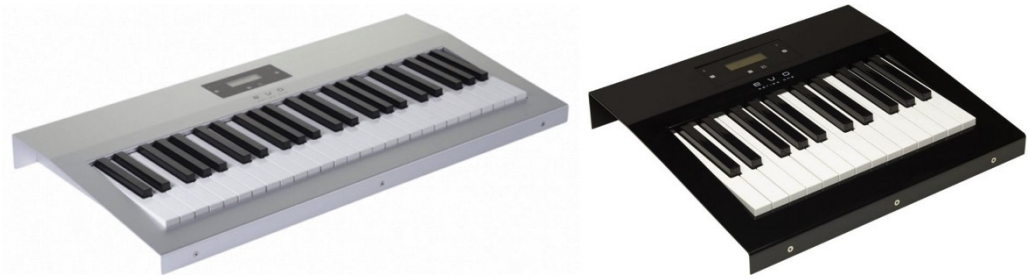


Figura 81. Controlador de teclas Evo: 4 oitavas[453] e 2 oitavas[454].

Hyperkeys

Este controlador tem a particularidade das teclas se deslocarem no eixo Y (norte-sul), modulando de forma contínua esse eixo (US7723597B1, 2010). As teclas pretas tem um formato adaptado a essa movimentação, sendo escavadas na sua parte inferior (Figura 82).

Criado por Jeff Tripp e Paul DeRocco, foi finalista da edição de 2012 do concurso GMIC, sendo relativamente fácil encontrar vídeos de demonstração. No sítio em linha *Tripp's Hyperkeys*[455] é disponibilizada a informação essencial, da qual se destaca, para além da manipulação do eixo Y, uma dupla medição do eixo Z através do seu posicionamento e da força exercida na tecla premida.

Este controlador intitula-se como tridimensional, mas é necessário fazer a devida contextualização. De facto, cada tecla mede os eixos YZ, onde cada tecla também se

---

[452] http://www.musicradar.com/news/tech/evo-the-midi-controller-keyboard-with-touch-sensitive-keys-514569

http://www.synthtopia.com/content/2012/11/02/endeavor-intros-24-key-evo-advanced-midi-controller/

http://www.synthtopia.com/content/2014/03/01/endeavour-evo-multitouch-keyboard-controller-now-199/

http://cdm.link/2012/11/endeavours-evo-touch-sensitive-keyboard-reimagined-now-from-eur499-gallery-videos/

[453] http://www.synthtopia.com/content/2014/03/01/endeavour-evo-multitouch-keyboard-controller-now-199/

[454] http://createdigitalmusic.com/2012/11/endeavours-evo-touch-sensitive-keyboard-reimagined-now-from-eur499-gallery-videos/

[455] http://hyperkeys.com/specification/

movimenta nesses sentidos: cima-baixo ou vertical (eixo Z) e frente-trás ou longitudinal (eixo Y). O que justifica a anunciada tridimensionalidade é o facto de o eixo Z poder fazer vários tipos de aquisição (entrada, pressão e saída).

Em sentido lato, contando cada tecla como um diferente posicionamento do eixo X, poder-se-ia encaixar a tridimensionalidade assumida por esta investigação. Contudo – e independentemente do mérito que este refinado controlador possa ter –, o entendimento não é consonante com o 3D tantas vezes referido ao longo da investigação. Para isso acontecer, os eixos XYZ deveriam ser manipulados de forma multidimensional no mesmo ponto ou no mesmo segmento, facto que não se aplica a este controlador.



Figura 82. *Hyperkeys*[456].

E outros...

O *Ableton Push*[457]*,* para além da sua utilização como sequenciador, as quadrículas retroiluminadas são sensíveis à velocidade e pressão. A utilização de cores são auxiliares discretos, tal como no *LinnStrument*. Contudo, mesmo com alguma flexibilidade visual, não é um dispositivo *cmXYZ*, pelo que não se enquadra no núcleo de dispositivos tácteis 3D.

O controlador *Tingle*[458] é um curioso controlador que aproveita a deformação global da sua superfície de aquisição gestual, constituída por uma matriz de 16x16 pinos (256 no total). O pinos, feitos de uma liga de alumínio, são manipulados por baixo do dispositivo, pelo que é a gravidade que os reposiciona da posição de descanso. Para

[456] http://hyperkeys.com/wp-content/uploads/2017/08/cropped-2017-08-13_16-20-02.jpg

[457] https://www.ableton.com/en/push/

[458] http://www.nupky.com/tingle/

além disso, beneficia da sua portabilidade para manipular som através da sua inclinação. O conceito foi apresentado em 2015, utilizando uma matriz de 512 pinos com captação posicional através de visão computacional (Duindam & Leeuw, 2015).

Um curioso dispositivo instrumental é o *Chimaera*, um auto-intitulado "poly-magneto-phonic-theremin"[459] sendo, basicamente, um misto de *ribbon-braço-de-guitarra* com capacidades de aquisição de electromagnética. Assim, à tangibilidade do bastão, sensível ao posicionamento por rastreamento, é acrescentado sensibilidade à distância, embora numa distância muito mais reduzida[460] que um *theremin* (Portner, 2014). Pode ser tocado numa posição tipo guitarra ou deitado como um teclado.

E outros por descobrir...

O ecossistema dos dispositivos instrumentais possui protótipos, exemplares únicos e dispositivos pouco documentados. Seja por serem criações individuais ou para uso pessoal, ou seja pela utilização pouco ortodoxa ou especializada, nem sempre é fácil trazê-los à luz do dia. Dispositivos como o *DIY-midi-controller*[461] de Rasmus Nyåker, o dispositivo *Surface One*[462] da *Midiman* (futura *M-Audio*) ou o sintetizador táctil *Hyve*[463] são exemplos de um campo a explorar de uma possível "arqueologia"[464] dos dispositivos contemporâneos.

Em sentido inverso encontram-se os dispositivos recém-chegados ainda sem informação convenientemente documentada. O *Artiphon INSTRUMENT 1*, inspirado no conceito de braço de guitarra permite configurar deversas escalas[465] e o braço é sensível à intensidade (*velocity*) e à pressão[466]. Pode-se modular outro eixo, posicionando-o como uma guitarra, através da inclinação (*tilt*) de todo o instrumento[467]. Na posição

---

[459] https://open-music-kontrollers.ch/chimaera/about/

[460] https://www.youtube.com/watch?v=pwmYPZAIt0Q

[461] http://cdm.link/2010/11/alternative-musical-expression-a-diy-pressure-sensitive-multi-ribbon-controller/

[462] ("The Surface One Fan Page," 2003).

[463] ("Sneak peek of HYVE, a 60-note touch synthesizer - CDM Create Digital Music," 2015).

[464] De recordar que o campo dos instrumentos electrónicos é caracterizado por uma elevada obsolescência.

[465] https://www.youtube.com/watch?time_continue=673&v=O8oTj5BLr2U (0m59s).

[466] https://artiphon.com/instrument-1-manual/#Sensitivity_Settings

[467] https://www.youtube.com/watch?time_continue=673&v=O8oTj5BLr2U (10m26s).

mesa, não foi possível aferir se o eixo Y num único ponto ou alinhamento, pelo que fica a dúvida se o seu controlo é multidimensional nos eixos XYZ[468].

3.1.4.2. Apreciação dos dispositivos 3D

Os dispositivos apresentados nesta secção apresentam características morfológicas e tecnológicas bastante diferenciadas, pelo que se torna pertinente fazer uma pequena análise comparativa de alguns aspectos (Quadro 6). De notar que apenas serão incluídos os dispositivos estritamente considerados como 3D nos eixos XYZ, ou seja, todos aqueles abordados na secção "3.1.4 - Dispositivos planos com expressão 3D".

Em primeiro lugar é de salientar a absoluta diversidade de tipologias de superfícies de aquisição gestual. Dentro dos dispositivos enquadrados no conceito de 3D, não há nenhuma superfície gestual que seja semelhante. Desde uma membrana plana e una (*Continuum Firgerboard*) até ao teclado padrão (*TouchKeys*); Desde ladrilhados em estilo de braço de guitarra (*LinnStrument*, *Soundplane* e *Joué*[469]) até uma variedade de segmentos mais ou menos aproximados do teclado padrão, conforme os casos.

Dispositivo	Superfície	Conf. Visual
Continuum Fingerboard	contínua	não
LinnStrument	contínua com relevo ladrilhado	sim (a)
Seaboard	contínua com relevo padrão	não
Soundplane	ladrilhada	não
TouchKeys (b)	teclas padrão	não
K-Board Pro 4	teclas padrão fixas	não
Joué	segmentos teclado padrão	intercambiável

(a) Configuração visual por retroiluminação de quadrículas fixas.

(b) Capacidade 3D dependente do dispositivo aplicado.

Quadro 6. Comparação dos dispositivos planos abordados.

O segundo aspecto considerar é a existência de flexibilidade visual: dos exemplos seleccionados, apenas o *LinnStrument* e o *Joué* podem ser analisados sobre este prisma. Todos os outros são visualmente estáticos. Em termos globais, estes dois dispositivos podem, em termos gerais, ser visualmente configuráveis. Contudo, tendo em conta a

[468] Foram pedidas informações por correio electrónico em 11 de Março de 2018, não havendo resposta até à data da entrega da tese.

[469] Pode assumir esse aspecto visual.

flexibilidade visual teoricamente proporcionada por dispositivos dotados de ecrã, é necessário aferir o grau de flexibilidade visual de cada um deles.

A flexibilidade visual do *LinnStrument*, dentro do conceito instrumental análogo ao dos instrumentos acústicos (uma acção gestual para um evento acústico), destina-se a sinalizar quadrículas e configurações a elas adstritas, sem que as dimensões físicas dessas quadrículas sejam elas próprias configuráveis. Assim sendo, a aplicação multidimensional dos eixos XYZ está aplicada apenas a cada quadrícula, ou seja, se for delimitada uma área com duas quadrículas, o âmbito de aplicação de uma quadrícula não pode ser reconfigurado a duas quadrículas. Dando um exemplo concreto, mesmo que duas quadrículas estejam configuradas com a mesma altura, a variação contínua de timbre está consignada a cada quadrícula (1+1), em vez de (1+1)/2[470]; ou seja cada quadrícula esgota o seu ciclo de modulação paramétrico.

Ainda assim, o *LinnStrument* pode ser considerado como o pioneiro dos dispositivos planos com expressão 3D visualmente configurável. E, mesmo com os limites de manipulação táctil adstrita a apenas cada quadrícula muitas combinações visuais são possíveis: transposições visuais das escalas, inversão de sentido de alturas do eixo X[471], diferentes notas base de cada linha do eixo X[472], inversão de graves-agudos no eixo Y (através da ordenação das linhas do eixo X)[473]; para além de uma divisão de vistas (modo *split*) e outras capacidades fora do âmbito deste estudo (sequenciador, construtor de acordes, construtor de arpejos, envio de informação através de texto, entre outras).

O dispositivo *Joué*, ao ser constituído por uma base onde são sobrepostas vários desenhos em silicone, é um dispositivo visualmente configurável, com diferentes disposições, ainda que limitadas a vários tipos de desenhos. O teclado padrão não é configurável, podendo ser trocado por outra disposição visual, mas não uma variação do mesmo. Contudo, a disposição visual por tiras pode ser configurada com diversas escalas, embora sem referenciação visual específica.

Por fim, e muito importante, convém destacar que não existe uma hierarquia de morfologias e capacidades de aquisição gestual. Foi somente o aspecto geral da superfície de aquisição gestual e a sua configuração visual que foi abordado. A pertinência de um dispositivo não depende unicamente desses aspectos, vai muito para

---

[470] Ou (1+1+1)/3, (1+1+1+1)/4, etc.

[471] https://www.youtube.com/watch?time_continue=1280&v=BgS7eD5rb8Y (18m50s).

[472] *Idem* (19m00s).

[473] *Idem* (19m50s).

além disso. Acresce a necessidade de ter em conta a resolução e modos de aquisição gestual e as características idiossincráticas cada dispositivo.

Superfície lisa versus superfície com relevo

Qual a melhor opção: superfície lisa ou com relevo? Depende do conceito instrumental. Se a ênfase for mimetizar um teclado padrão, então a superfície com relevo "tipo-padrão" proporciona, em teoria, um melhor *conforto performativo*. A corroboração escultural da disposição padrão, a execução de acordes numa posição mais ortodoxa e a transposição de uma técnica adquirida são aspectos favoráveis a considerar. Se a ênfase for uma uniformidade completa em termos de técnicas deslizantes e disposições de escala menos ortodoxos, então a disposição lisa, em teoria, poderá ser mais vantajosa. Relembre-se que os aspectos em análise são a conjugação de aspectos de discrição-continuidade e flexibilidade visual.

Analisando a Figura 83, o *Continuum Fingerboard* permite a execução de deslizamentos homogéneos no eixo X, qualquer que seja a zona da sua superfície de aquisição gestual (Figura 83, linhas A1, A2 e A3). No caso do *Seabord*, existem duas diferenças em relação ao *Continuum Fingerboard*, uma visível, outra invisível. Na primeira, o *Seaboard* proporciona duas faixas sem relevo para uma maior liberdade física nos deslizamentos efectuados no eixo X (Figura 83, linhas A4a/A4b). Fora dessa faixa, o deslizamento pode ser influenciado pelo relevo da superfície de aquisição gestual (Figura 83, linha A5). De notar que o eixo Y das notas alteradas é todo ele tocável, seja na parte saliente (correspondente ao relevo do teclado padrão), seja na depressão entre as notas diatónicas. Por isso, quando é referido que o relevo pode influenciar o deslizamento é referente à menor uniformidade física da superfície de aquisição gestual.

A outra diferença presente no *Seabord*, essa invisível, está relacionada com diferentes variações de altura para a mesma distância percorrida numa linha recta (Figura 83, linhas A4a/A4b). Assim sendo, a cada distância percorrida entre o equivalente a cada "tecla branca" (escala diatónica), pode corresponder uma distância de altura diferente, que pode ser de 1/2 tom[474] ou 1 tom inteiro[475]. No *Continnum Fingerboard* a correspondência entre altura e distância percorrida é sempre constante.

[474] {*mi-fá*, *si-dó*}.

[475] Todos excepto {*mi-fá*, *si-dó*}.

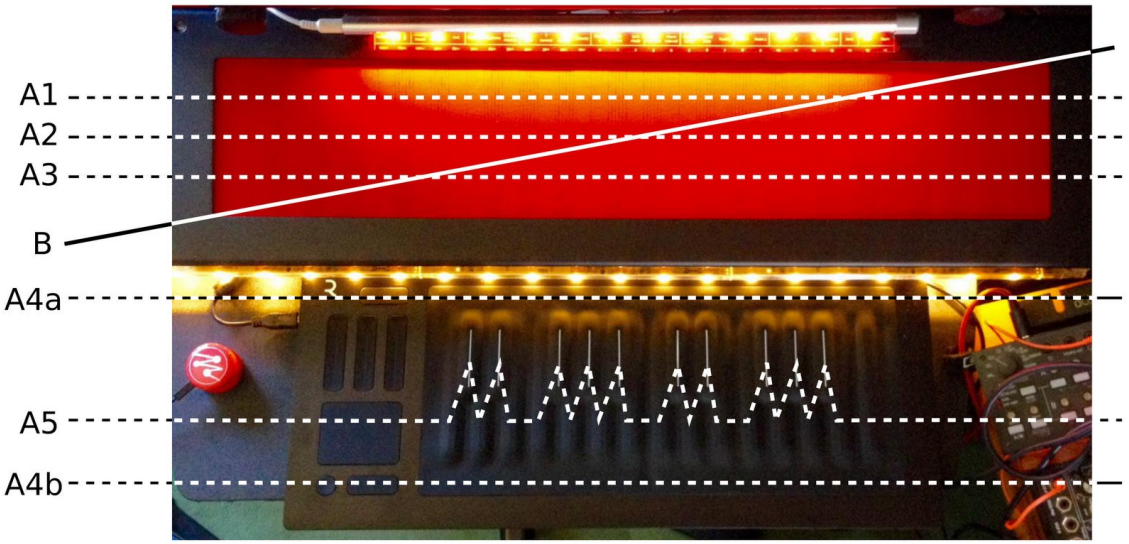


Figura 83. Esquema do *glissando* no *Continuum Figerboard* e no *Seaboard RISE 25*.

Letras A: mudanças contínuas de altura com o mesmo timbre. Letra B: mudança contínua de altura e timbre (letra B).[476/477]:

As diferenças atrás descritas são consequências do relevo ou falta dele, não podendo nenhuma das situações ser considerada com um defeito, mas apenas feitio. Será o tipo de utilização que determinará a adequação geral de cada dispositivo ao seu utilizador.

Disposição alinhada versus disposição desalinhada

A disposição alinhada é aquela em que a sequência de divisões escalares se encontra organizada num alinhamento regular sem inflexões. Fazendo uma analogia, é o que acontece com as traves de suporte dos caminhos de ferro: todas de tamanho semelhantes e organizadas ao longo dos carris, ou seja, ao longo de duas linhas paralelas. No caso do *Continuum Figerboard*, ao percorrer qualquer uma das *linhas A* assinaladas na Figura 83 vão permanecer na mesma posição Y (norte-sul), qualquer que seja a posição X. Isto acontece porque todas as áreas correspondentes a um segmento de altura (neste caso equivalente à tecla) são exactamente do mesmo tamanho e perfeitamente alinhadas. O mesmo acontece com as disposições em quadrícula do S*oundplane* e *LinnStrument* (ou considerando apenas as teclas diatónicas do teclado padrão).

---

[476] Direitos reservados da fotografia, Christophe Duquesne: http://www.anckorage.com/seaboard-rise/.

[477] Fonte da fotografia: https://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.anckorage.com/wp-content/gallery/anckorage-presentation/Roli5.jpg&imgrefurl=http://www.anckorage.com/sound-design/&h=744&w=1280&tbnid=p-SEZ9qy9EIMcM:&docid=SnGyX2shHZCPnM&ei=FBLDVvWqEYr-UvKjk8AH&tbm=isch&ved=0ahUKEwj1hPjUoPzKAhUKvxQKHfLRBHg4rAIQMwgPKAwwDA

A disposição desalinhada é aquela em que a sequência de divisões escalares não se encontra alinhada, ou seja, ao desenhar uma linha atravessando o centro de cada segmento, ela inevitavelmente vai apresentar várias inflexões ziguezagueantes. Este fenómeno pode ser aplicado a qualquer teclado padrão, ou ao *Seaboard,* caso seja aplicado à parte saliente das notas alteradas (Figura 71, *linha A5*).

O impacto desta diferenciação pode ser relevante. Somente uma superfície alinhada permite manipular o eixo XY – em toda a sua extensão – de forma regular e perfeitamente homogénea. Para exemplificar esta situação vai ser analisada a *linha B* da Figura 83, tomando como referência que o eixo X controla a altura do som e o eixo Y controla o timbre[478]. Numa utilização próxima do teclado padrão, nomeadamente na execução de acordes, case se utilize apenas a parte de relevo das notas alteradas, para obter o mesmo timbre no eixo Y, o posicionamento dos dedos teria de obedecer ao ziguezaguear exposto na *linha A5*. Pode ser contra-argumentado que poderia ser essa a lógica: a manipulação do eixo Y poderia ser feita a partir do limite escultural mais próximo do instrumentista, ou seja, a partir do relevo, seja das notas brancas ou pretas (neste último caso começaria mais afastada que a sua congénere branca). Apesar disso, no *Seaboard*, a tecla alterada prolonga-se em forma de depressão na área das teclas brancas. Nesse caso, gera-se uma confusão visual e disformidade física na modulação do eixo Y. Por isso vai gerar-se uma das seguintes situações: (1) ou a área de modulação do eixo Y é anatomicamente próxima da utilização do teclado padrão, sendo, nesse caso, a área de manipulação das teclas pretas menor que as teclas brancas e causando o efeito ziguezagueante; (2) ou assume-se que as teclas pretas se prolongam nos interstícios das brancas, contendo a mesma área de manipulação do eixo Y, mas contendo a deformação espacial dos interstícios das teclas brancas {*mi-fá*, *si-dó*} em relação às restantes, para além da inconstância do relevo na execução da *linha B* (Figura 83), não sendo tão exequível como uma superfície plana e alinhada como a do *Continuum Fingerboard*.

Como cada solução tem as suas vantagens e desvantagens, a disposição desalinhada permite acomodar o sistema padrão; tal como a solução alinhada precisa de mais espaço no eixo X para acomodar as áreas de altura ou, dito de forma equivalente, para o mesmo intervalo musical as larguras das áreas de altura (eixo X) serão forçosamente mais estreitas.

Em suma, como já foi referido em várias ocasiões, cada escolha tem as suas vantagens e desvantagens, e será o contexto musical e a perspectiva do utilizador que determinará qual a melhor solução.

---

[478] Portanto diferentes posicionamentos Y dentro da mesma tecla geram diferentes timbres.

3.1.5. Membranas de percussão electrónicas

Em contexto acústico, os membranofones são constituídos por uma membrana elástica tensionada, excitada principalmente com ataques pontuais (percutidos)[479]. Contudo, em contexto electrónico, essa realidade pode ser alterada, podendo haver aspectos deveras interessantes na manipulação instrumental de aspectos contínuos e discretos.

O material elástico, em contexto electrónico, pode ser utilizado de outros modos, não estando subjugado às leis da acústica. Além disso, esse material pode acomodar diversos sensores o técnicas de aquisição de informação que tirem partido da elasticidade, como é o caso do próprio *Continuum Fingerboard* ou próprio *protótipo hectográfico* desta investigação.

Além disso, o material elástico fornece, naturalmente, um retorno táctil diferenciado do material rígido, especialmente se este último for imóvel. De relembrar que o paradigma do teclado assenta numa superfície onde o retorno táctil é feito através do movimento e inércia das teclas rígidas[480].

Assim, a apreciação deste tipo de dispositivos, tendo em conta os aspectos mais ortodoxos, deve-se aos seguintes aspectos:

- **Aquisição de ataques**. Ao serem entendidas como instrumentos de percussão, o ataque é uma das principais qualidades. É expectável que consigam medir uma gradação considerável;
- **Gestualmente coerentes**. Ao mimetizar instrumentos existentes, estão – à partida – a incorporar maneiras de tocar estandardizadas, facilmente identificáveis e com uma coerência há muito estabelecida.
- **Tactilmente gratificantes**. A elasticidade da superfície de aquisição gestual pode permitir um retorno táctil gratificante, seja pela deformação da mesma, do amortecimento do contacto gestual, pela eventual vibração sonora da mesma.

MTC Tactex, Interlink VersaPad e SLABS

O aparecimento da almofada táctil *MTC Tactex* foi rapidamente associada à utilização musical, devido às suas propriedades de rastreamento contínuo dos eixos XY (Randall Jones, 2001). A síntese sonora encontra uma nova superfície de aquisição táctil (Couturier, 2002).

---

[479] São poucos os membranofones friccionados (Michels, 2003, p. 33).

[480] E alguma vibração sonora proveniente do próprio dispositivo, mais afecto aos instrumentos acústicos e variável de acordo com o exemplar em questão.

Este tipo de aquisição gestual, juntamente com a aquisição do eixo Z proporcionada pela almofada *VersaPad* (Wessel, Avizienis, Freed, & Wright, 2007), veio possibilitar o desenvolvimento do SLABS, um dispositivo instrumental criado em 2009[481] por David Wessel[482]. Tal como outros instrumentos pioneiros, a sua utilização foi bastante limitada, com propósitos individuais e, neste caso, com uma estética musical interligada com a exploração das potencialidades da superfície de aquisição gestual. O SLABS é um exemplo de como a preservação dos instrumentos electrónicos deve merecer a devida atenção (Freed, 2016).

Congas digitais

A inclusão deste tipo de dispositivos está relacionada com o exposto no início desta secção: aquisição de ataques, gestualidade coerente e tactilidade gratificantes. Não se pretende fazer um estado da arte exaustivo, dando apenas alguns exemplos abrangentes. Serão indicados alguns modelos comerciais como exemplos indicativos, não excluindo a existência de modelos equivalentes das marcas apresentadas.

A conga digital *Korg Wave Drum* parte do princípio muito simples de dividir a superfície de aquisição gestual em duas partes: membrana e aro[483]. A precisão na aquisição dos ataques antecipa, o que no futuro, poderá ser contido em superfícies mais pequenas.

Outro exemplo do género, a conga *Roland HandSonic HPD-20*, apresenta uma membrana geral inteiriça seccionada com pequenos sulcos que delimitam 13 áreas[484]. Esta divisão pode ser utilizada para vários fins, nomeadamente delimitar áreas consignadas a diferentes sons do banco instrumental[485]. Em teoria, ao ter áreas discretas bem delimitadas, poderia ser utilizada como um teclado adaptado.

Em relação aos exemplos anteriores, há duas variáveis que estarão sempre em jogo: (1) até que ponto podem ser miniaturizados os sensores que medem o mundo físico e (2) a coerência com que isso é feito.

Em relação à primeira questão, a engenharia tem conseguido responder aos sucessivos desafios tecnológicos: novas tecnologias e novos tipos de sensores podem dotar dispositivos de capacidades inauditas. Basta lembrar a incessante evolução dos *smartphones* para verificar esse fenómeno. Mas, tal como foi abordado na secção "2.3.9

---

[481] http://www.synthtopia.com/content/2009/03/24/slabs-touch-pads/

[482] https://www.youtube.com/watch?v=q_mtCZqN0Ms&list=RDq_mtCZqN0Ms&t=189

[483] http://www.youtube.com/watch?v=nrso0c14f-s

[484] https://www.roland.com/us/products/handsonic_hpd-20/

[485] http://www.youtube.com/watch?v=pEvesiif25c

- Virtualização instrumental", a fronteira da virtualização poderá estar precisamente na negociação com o mundo físico real.

Em relação à segunda questão, a resposta encontra-se, mais uma vez, associada à prática musical. As concepções instrumentais variam quase tanto como as concepções musicais. A relação entre o instrumentista e o seu instrumento é muito pessoal e diversificada. Muitos músicos procuram as qualidades (e defeitos) dos instrumentos, outros desejam instrumentos com idiossincrasias, outros procuram sempre os seus limites, outros procuram o melhor da tradição instrumental, outros tornam qualquer coisa sonora num instrumento, outros ritualizam modelos específicos. Por isso, neste momento, a evolução instrumental é constituída por várias tendências. E se na capacidade de processamento do som, por exemplo, a evolução é rapidamente assimilada pelos seus utilizadores, a prática instrumental é bastante mais diferenciada.

Silent Drum

Este dispositivo é um excelente exemplo de como, a partir de uma inspiração instrumental, os novos instrumentos digitais podem ser simultaneamente criativos e orgânicos, conciliando uma postura gestual coerente com uma abordagem que apenas é possível com os novos meios tecnológicos.

Um dos aspectos extraordinários deste instrumento é o aproveitamento da distensão de uma membrana elástica com um curso e comportamento que, num instrumento acústico, seria impossível de obter correspondência sonora. Este comportamento da membrana, rasteado por visão computacional, permite um controlo refinado e gestualmente coerente do instrumentista.



Figura 84. *Silent Drum*.

Legenda: (1) Jaime Oliver[486] e (2) aspecto geral[487]. Na segunda fotografia é mostrada a parte transparente do cilindro para captar o movimento da membrana por visão computacional.

Criado por Jaime Oliver (Oliver & Jenkins, 2008), foi vencedor da edição de 2009 do *Guthman Musical Instrument Competition*. Recentemente foi apresentada uma retrospectiva deste dispositivo instrumental (Olivier, 2016).

De referir ainda o dispositivo *InvisiBall* que, através de um dedal emissor e respectiva antena receptora e aproveitando a deformação de uma membrana, controla o movimento de uma bola virtual (Rocchesso, Avanzini, Rath, Bresin, & Serafin, 2004), sendo um bom exemplo de controlo sonora através de uma membrana.

Hexenkessel

Este tímpano aumentado foi *prototipado* em 2010[488] e recebeu uma menção honrosa na edição 2011 GMIC. Ao aumento das capacidades do instrumento acústico, o que se destaca nesta investigação é a projecção de imagem luz do interior do instrumento para a membrana, dotando-a de referências visuais discretas (Sello, 2016).

Este instrumento, partilha com o *protótipo hectográfico,* apesar das diferenças, o facto de uma membrana translúcida ser ao mesmo tempo superfície de aquisição gestual e elemento transmissor de informação visual.

---

[486] http://econtact.ca/18_3/oliver_silentdrum.html

[487] *Idem*.

[488] https://vimeo.com/15375922

aFrame

Este "pandeiro" digital foi apresentado em 2016 e tem a peculiaridade do seu manuseamento ser bastante dinâmico, devido ao dispositivo a ser suportado na íntegra pelo próprio instrumentista[489]. Fabricado pelo construtor ATV[490], o *aFrame*[491] concilia ataques circunscritos (membrana e moldura) e manipulação contínua (membrana).

3.1.6. Controladores diversos

Esta secção inclui alguns instrumentos, controladores e interfaces exemplificativos de determinados conceitos ou características instrumentais – seja pela material tangível, metáfora instrumental ou alguma característica isolada.

Gelatinosos

Dentro do ecossistema instrumental, afirmar que se conhece tudo é uma afirmação de alto risco. Existem dispositivos instrumentais que utilizam gelatina como superfície de aquisição gestual. Seja pelas características da própria matéria (incluído a transparência), pela curiosidade que despertam ou por propósitos lúdicos, aproveitando o título de um filme de John Carpenter – e sem qualquer tipo de desconsideração: "They Live"!

Os dispositivos gelatinosos poder-se-iam ter incluído nos dispositivos com membranas, pela elasticidade do seu material. Contudo, como se verá de seguida, a utilização gestual, a sua auto-sustentação física (ambiguidade entre membrana e placa) e o seccionamento da superfície de aquisição gestual pode suscitar algumas dúvidas conceptuais. De todas as maneiras, a principal justificação de um tópico tão específico reside na conjugação de elasticidade, transparência e condutibilidade eléctrica; atributos esses que estão na base material do *protótipo hectográfico*, embora a relação com este tópico seja uma feliz coincidência. Como se verá mais à frente, no subcapítulo "5.2 - Superfície de contacto", a matéria utilizada foi primeiramente escolhida pela sua robustez e transparência, sendo utilizado um composto gelatinoso utilizado, durante o século XIX, no processo de impressão hectográfica.

Voltando à gelatina propriamente dita, o artista sonoro Ranjit Bhatnagar tem desenvolvido vários projectos com dispositivos sonoros[492], entre os quais o *JelTone*[493].

---

[489] https://www.youtube.com/watch?v=rU-CHGJ0ceQ

[490] http://www.atvcorporation.com/

[491] http://www.aframe.jp/

[492] http://moonmilk.com/

Constituído por gelatina e peças de fruta (materiais orgânicos) foi apresentado na *Handmade Louge* da edição de 2011 do "*Solid Sound Festival*, *Mass MoCA"*[494], vencedor do prémio de criatividade no concurso de gelatinas *Jell-O Mold*[495] em 2011 (equipa com Astrida Valigorsky, Mimi Hui e Catarina Mota) e finalista da edição de 2012 do concurso *Guthman Musical Instrument Competition*[496].

Um outro dispositivo com gelatina foi criado em 2012 pelos *designers* Marianne Cauvard[497] e Raphaël Pluvinage[498], onde um conjunto de gelatinas e uma placa *arduino* servem para criar um dispositivo sonoro. Denominado por *Noisy Jelly*[499], aproveita diferentes tipos de condutibilidade eléctrica de diferentes preparados gelatinosos para oferecer *kit* sonoro com propósitos eminentemente lúdicos.

Controlador Ribbon

Os controladores *ribbon* são superfícies de aquisição gestual horizontal em forma de tira comummente utilizado na execução contínua da altura do som. Utilizado forma isolada ou como complemento de outras superfícies de aquisição gestual, como o teclado (ver secção "3.2.5 - Recursos complementares de performance").

HandSketch e Cantor Digitalis

A utilização da mesa digitalizadora como superfície de aquisição táctil instrumental foi iniciada nos finais dos anos 90 (Kessous, 2004; Wright, Freed, & Wessel, 1997; Zbyszynski, Wright, Momeni, & Cullen, 2007). Sendo uma tecnologia desenvolvida para o rastreamento digital do acto de desenhar, excelente capacidade de rastreamento XY numa superfície plana é juntada à capacidade de aquisição táctil e de inclinação da caneta. Na implementação atrás descrita, as leituras de pressão eram de 256 valores diferentes, o dobro dos 128 valores padrão MIDI. Hoje em dia os valores de pressão atingem os 8192 níveis[500], para além da inclinação e capacidade multi-toque. Por isso

---

https://www.flickr.com/photos/ranjit/collections/72157627384812764/

[493] http://www.synthtopia.com/content/2012/02/17/the-2012-margaret-guthman-musical-instrument-competition/

[494] https://www.flickr.com/photos/ranjit/5879592536/in/photostream/

[495] http://www.jellomolddesign.com/

[496] http://www.synthtopia.com/content/2012/02/17/the-2012-margaret-guthman-musical-instrument-competition/

[497] http://mariannecauvard.fr/

[498] https://www.instagram.com/raphael_pluvinage/

[499] https://vimeo.com/38796545

[500] https://www.wacom.com/en-us/products

esta plataforma de *hardware* tem sido aproveitada para múltiplas aplicações, das quais vão ser apresentados dois exemplos significativos.

O *Handsketch* aproveita o conceito de mesa de desenho digital, constituída por uma base e uma caneta de pressão, para modular tridimensionalmente o som. Em termos de manipulação sonora, apresenta capacidade *cmXYZ*, com uma especial sensibilidade à pressão (Figura 85). Apresentado como um controlador bi-manual (D'Alessandro & Dutoit, 2007) para a manipulação contínua e articulada da expressão vocal, apresenta uma conjugação notável da ergonomia gestual em forma de arco (rotação do antebraço com o fulcro no cotovelo) com a captação de pressão, seja com a caneta de pressão numa mão, seja com sensores de pressão na outra. O trabalho directamente efectuado à volta deste dispositivo instrumental[501] articula as facetas de aquisição gestual de grande precisão[502] interligado à utilização expressiva da síntese vocal[503], tarefa de grande complexidade efectuada ao longo de vários anos (Astrinaki, D'Alessandro, & Dutoit, 2012; D'Alessandro, 2009; D'Alessandro & Dutoit, 2009; D'Alessandro, Ooge, Dutoit, & Fels, 2011).



Figura 85. *HandSketch*[504]

Em termos comparativos com o conceito instrumental proposto há, em termos gerais, três grandes diferenças: a imutabilidade visual, o acessório auxiliar e o posicionamento físico do instrumentista. A relevância conceptual destes itens é, para

[501] Existem também outras interfaces como objectos comprimíveis e arquitectura interactiva.

[502] Para além da medição da pressão, é medido o ângulo, o raio e inclinação (Astrinaki et al., 2012, p. 355).

[503] https://www.youtube.com/watch?v=EK1Q7X_c3Q8

[504] Imagem contida em (D'Alessandro & Dutoit, 2009)

esta investigação, bastante diferente. Vão ser analisadas as três diferenças, no sentido de menos para mais relevante.

Em termos conceptuais, o posicionamento do instrumentista, é aquele que está mais longe do interesse desta investigação. Para além disso, o posicionamento do instrumentista é mais ou menos adequado de acordo com a experiência instrumental deste. Até pode ser mais natural e intimista o abraçar do instrumentista, mais próximo da posição de tantos outros instrumentos, como o acordeão ou o violoncelo. Nesse aspecto, a posição convencional de "tabuleiro horizontal" é tradicionalmente ancorada pela imobilidade. Quanto ao resto, é a experiência individual que determinará a maior ou menor pertinência deste tipo posição instrumental.

Quanto à segunda diferença, o facto de ter um objecto auxiliar numa das mãos, a sua pertinência pode ser decisiva, conforme o entendimento performativo. Esta investigação preconiza o conceito de mãos livres, não devendo ser considerada uma preciosidade. Relembrando o título desta investigação: "Performance Instrumental de Elementos Musicais e Sonoros Discretos e Não-discretos através de uma Superfície Táctil Visualmente Configurável", deve ser deduzido que aquilo que é táctil é a própria superfície. Por outro lado é verdade que instrumentos como o violino tem um objecto auxiliar que permite um extraordinário controlo sonoro sem o qual, este instrumento, não poderia ser entendido da mesma maneira. De todas as maneiras o que se preconiza é que a imagem seja directamente táctil, sem qualquer tipo de dispositivo que possa condicionar a liberdade da mão.

Outra consequência da utilização de uma caneta é a sua limitação monofónica. Ao ter uma caneta na mão, é suposto ser sonorizado um único ponto de forma transparente e directa[505]. Contudo, há que referir que a limitação monofónica é uma constatação de um facto, não um defeito instrumental: a forma sensorial como este dispositivo modela o engenho de síntese sonora é deveras impressionante. Por isso, atribuir pejorativamente o epíteto de monofónico seria tão redutor como aplicá-lo à própria voz. Em suma, a caneta acaba por ser um elemento conceptualmente diferenciador, ao retirar nudez às mãos e pela limitação monofónica.

Em terceiro lugar, o mais decisivo, é a falta de mutabilidades visual da superfície, não podendo mudar de disposição visual. Bastaria a superfície ser um ecrã, para os conceitos instrumentais de implementação serem comuns no mais essencial, pese embora as restantes diferenças. Contudo esse aspecto pode ter sido resolvido em 2015, ano em que foi lançada a versão beta para *iPad*.

---

[505] Não confundir com uma voz com vários sons funcionando de forma homofónica, ou seja, em bloco. O que se pretende dizer é uma voz individual completamente independente.



Figura 86. *HandSketch*: fotogramas de vídeo da versão beta[506] para *iPad*.

Dentro do conceito de mesa de desenho digital, o projecto *Cantor Digitalis*[507] tem feito um trabalho notável no desenvolvimento e performance da voz sintetizada. Esta caligrafia vocal digital teve o seu início numa mesa digitalizadora em 2011 (d'Alessandro, Rilliard, & Le Beux, 2011), aproveitando o trabalho anterior em torno da síntese do fluxo glotal (D'Alessandro et al., 2007). Para além de uma extensa publicação científica[508], a equipa liderada por Christophe D'Alessandro venceu a edição do ano 2015 do concurso *Guthman Musical Instrument Competition*[509].

Em termos de posição instrumental foi concebido para ser tocado na posição horizontal, onde a área de interacção da caneta digital é coadjuvada com uma área para a interacção directa com a mão, dedicada à manipulação do tracto vocal. Para além da refinada aquisição gestual e síntese sonora vocal, este projecto tem dado atenção à complementaridade da referenciação visual com importante auxiliar, sobretudo quando envolve a manipulação muito rigorosa de alturas contínuas (Perrotin & D'alessandro, 2016; Perrotin & D'Alessandro, 2014).

[506] http://www.hovertone.com/handsketch/

[507] https://cantordigitalis.limsi.fr/

[508] https://cantordigitalis.limsi.fr/research_en.php

[509] http://guthman.gatech.edu/2015

3.2. TECLADO: UMA TAXINOMIA

Este subcapítulo tem como objectivo apresentar diversas morfologias, disposições visuais e divisões escalares dos dispositivos instrumentais com teclado. A ênfase analítica recai sobre tipologias visuais e escalares, sendo os aspectos mecânicos referenciados apenas como complemento.

A justificação deste subcapítulo prende-se com vários aspectos:

- **Inspiração conceptual.** Porque o conceito instrumental baseia-se em áreas visuais relacionadas com o conceito de teclado;
- **Acessibilidade discreta.** A grande maioria dos dispositivos instrumentais acústicos assignam uma área discreta a uma determinado altura. Isto significa que a área de selecção pode ser artificialmente endereçada para o resultado sonoro;
- **Morfologia plana.** O conceito de superfície plana é um aspecto comum com a maioria dos ecrãs, sendo por isso uma característica morfológica assinalável;
- **Difusão instrumental.** Porque o teclado é, pelo menos em termos comerciais, a disposição de alturas mais difundida na cultura ocidental.

3.2.1. Delimitação do conceito de tecla

Segundo Jordà, uma teclado musical pode ser considerado – com aspas no texto original – como "uma matriz de interruptores"[510] (Jordà, 2004c, p. 328). Apesar definição ser aparentemente redutora, ela é bastante pertinente. Basicamente uma tecla serve para dar uma instrução, um ligar-desligar, definir o início e o término de um som em contexto musical[511].

É tácito que o conceito de tecla está ligado à definição de uma altura e respectiva organização, sendo aplicado a uma área discreta afecta a uma altura sonora independente. Isto significa que uma área está afecta apenas a uma altura,

[510] "Array of switches".

[511] É interessante recondicionamento de um teclado QWERTY feito por Chris Nash, expandindo a capacidade de aquisição táctil no sentido "teclar" informação musical de forma multidimensional e com vários graus de discrição (Nash, 2016). Antes disso já tinha sido apresentado um teclado QWERTY com sensibilidade à pressão com propósitos mais genéricos, como a escrita e instruções de jogo (P. H. Dietz, Eidelson, Westhues, & Bathiche, 2009).

independentemente da combinação das restantes. Assim sendo, chaves de flautas ou pistões de trompetes fogem desta regra, uma vez que a combinação de outras áreas semelhantes, bem como outras variáveis, alteram a respectiva altura do som.

Dentro do conceito de matriz de interruptores, existem diferentes gradações de "ligado-desligado" (intensidade), e a sua execução pode assumir variantes. Pode funcionar como um interruptor complexo: depois de um primeiro ligar, ser capaz de ligar outra coisa (*after-touch*); ou como uma forma mista de interruptor-potenciómetro, como ligar com determinada intensidade (diferentes intensidades de ligar, *velocity*); ou até como um "potenciómetro de lamela", que modula uma determinada intensidade através da sensibilidade do deslocamento.

Mas a ênfase, como foi dito, é o estudo morfológico e organizativo das áreas visuais da matriz de acção. Vão ser apresentados vários desenhos de teclas presentes nos dispositivos identificados como teclados, independentemente do mecanismo utilizado para transmitir a acção gestual exercida nas mesmas.

Âmbito de pesquisa

Antes de continuar, convém definir algumas limitações do presente subcapítulo. Ele é dedicado principalmente à sistematização configurações e proporções visuais baseadas no teclado padrão ocidental – onde sobressai a divisão escalar da divisão da oitava em 12 partes. Aspectos relacionados com a evolução histórica geral, escalas micro-tonais e exóticas, acção mecânica, materiais das teclas, dimensões e pesos serão mencionados esporadicamente como complemento.

Todavia, a sistematização vai ser feita com critérios morfológicos transversais, de modo a poder englobar variados aspectos.

3.2.2. Padrão ocidental

Considera-se o padrão ocidental como o correspondente à disposição física presente em instrumentos históricos como o piano, órgão, cravo, virginal, clavicórdio e similares (Figura 87).



Figura 87. Diversos teclados: (1) Cravo[512]; (2) Piano[513] e (3) controlador MIDI *Samsom Graphite 25*[514].

O desenho das teclas diatónicas – normalmente brancas – é assimétrico de forma a acomodar os 1/2 tons cromáticos – normalmente teclas pretas. Estas últimas são mais estreitas e estão elevadas em relação às suas congéneres diatónicas. A cor das teclas é uma convenção, podendo apresentar cores inversas às referidas, ou outras. A relação entre a disposição das teclas e a lógica escalar será desenvolvida no subcapítulo "3.3 – Representação Escalar dos Teclados ".

Tirando raras excepções, a representação de um teclado padrão para um meio visual 2D é feita de forma mais ou menos literal, apenas eliminando o relevo físico original (Figura 88). Essa opção estará mais relacionada com a necessidade de representação mimética de uma realidade bastante difundida do que uma vantagem performativa deste tipo de configuração, caso tenham essa capacidade. Na realidade, para além das dimensões, o facto de as teclas perderem o seu relevo retira, de forma análoga, uma característica morfológica muito própria e interligada com a prática musical. Nesse caso, pode ser pertinente abrir caminho a outro tipo de aspecto visual mais adaptado à absoluta horizontalidade, como no caso do *Continuum Fingerboard*[515].

A utilização de representações de teclados em ecrã é bastante diversa: desde o *piano-roll* de um *software* de edição de som com interacção através de um rato; até inúmeras representações em *tablets* e *smartphones* que permitem toques múltiplos e, em certos casos, medição diferenciada da acção gestual. Não deixa de ser interessante as múltiplas interpretações visuais e informações adicionais que essas disposições apresentam, todas elas à volta de um padrão visual (Figura 88).

---

512 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harpsichord,_dual_manuals,_reversed_color_keys,_MfM.Uni-Leipzig.jpg

513 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Piano_Keys_warm.jpg

514 http://www.samsontech.com/samson/products/usb-midi/keyboard-controllers/graphite25/

515 Independentemente de haver aspectos tecnológicos favorecidos pelo isomorfismo das áreas discretas.



Figura 88. Aplicativos diversos com a representação do teclado padrão.

Legenda: *Tiny Piano*[516], *My Piano*[517], *Classic A Piano*[518], *Real Piano FREE*[519], *Piano Infinity*[520], *Pianist HD*[521]

Sejam aplicações interactivas, representações visuais ou fotografias e vídeos exemplificativos; sejam dispositivos autónomos ou extensões visuais de outros, a proliferação de imagens luz tornou ubíqua a representação de dispositivos físicos – entre os quais – o próprio teclado padrão (Figura 89).



Figura 89. Diversos dispositivos e aplicativos conectados.

Legenda: controlador de teclas *iRing IK Multimedia* e banco de sons no *tablet* (esquerda); teclado e base de *tablet Piano Apprentice ION* (centro); controlador de teclas e smatphone *iRing IK Multimedia*.

[516] http://www.tinypiano.com/

[517] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bti.myPiano

[518] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.liperim.classicapiano

[519] https://itunes.apple.com/us/app/real-piano-free/id400679199?mt=8

[520] https://itunes.apple.com/us/app/piano/id485362757?mt=8

[521] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rubycell.pianisthd

3.2.3. Formas geométricas

Uma primeira análise à classificação visual de um tecla está relacionada com a sua forma visual, ou seja, à sua forma geométrica. Na realidade, ela estará mais relacionada com um acondicionamento espacial do que uma equivalência com o material excitado. Uma justificação bastante evidente é o facto de, por norma e nos instrumentos acústicos, a cada tecla corresponde um excitador dedicado a uma só altura, pelo que a compensação das desigualdades entre a matéria excitada pode ser feita de forma independente na superfície de aquisição gestual[522].

O caso dos idiofones com disposição cromática (como a marimba e o metalofone) as placas excitadas têm de compensar as diferentes alturas, neste caso diminuindo de comprimento à medida que os sons são mais agudos. Nestes instrumentos, a superfície de aquisição gestual coincide com matéria excitada, dependendo do conceito de superfície de aquisição gestual. No caso da celesta, os lamelas metálicas são intermediadas por um mecanismo ligado às teclas convencionais, podendo assim manter o aspecto geométrico do teclado padrão.

3.2.3.1. Rectangular

A forma rectangular pode apresentar diversas proporções, uma vez que não é um polígono regular[523]. Comparativamente ao quadrado – e apesar de ter os mesmos ângulos – não é equilátero, ou seja, ou seus lados não são todos iguais. Além disso, no teclado padrão, a percepção da sobreposição de polígonos pode não ser unívoca.

Em termos geométricos, o teclado padrão pode ser entendido de duas maneiras (Figura 90): (1) as comummente denominadas teclas brancas podem ser vistas como polígonos de seis e oito lados intercalados com as teclas pretas ou (2) como polígonos de quatro lados aos quais se sobrepõem as teclas pretas. Contudo, apesar desta duplicidade geométrica, o teclado padrão pode ser entendido, em termos latos, como uma organização de rectângulos.

[522] Note-se os casos do órgão de tubos e do piano: o tamanho dos tubos e das cordas não afectam o tamanho das teclas.

[523] Todos as lados e ângulos iguais.

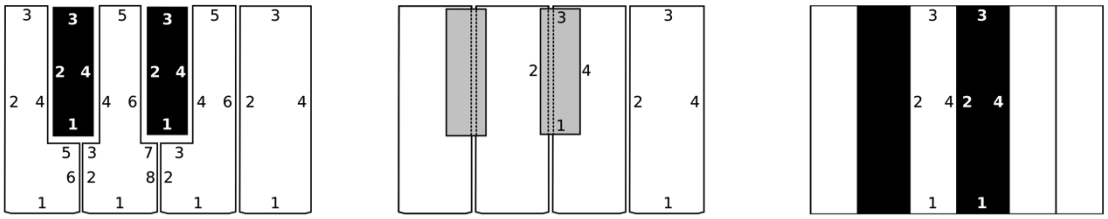


Figura 90. Diversos entendimentos da rectangularidade do teclado padrão.

Legenda: (1) teclado padrão como polígonos diversos; (2) teclado padrão como sobreposição de rectângulos; (3) conversão do teclado padrão em rectângulos de igual dimensão.

Ao eliminar o relevo, é natural que a geometria possa ser adaptada a um contexto bidimensional. Assim sendo, podem surgir disposições morfológicas mais uniformes, tal como mostrado no exemplo 3 da Figura 90. Neste caso, tratando-se de um teclado cromático, a uniformização das áreas tornou-as isomorfas e isométricas, ou seja, todas as áreas, sendo iguais, correspondem ao mesmo intervalo de altura.

Outro exemplo de organização isométrica encontra-se no *Piano Jankó*, constituído por seis filas de teclas rectangulares[524]. De notar que, neste caso, a organização escalar de cada fila é feita em tons inteiros (Figura 91). Contudo, o teclado é cromáticos apesar de, para executar essa escala, ser necessário percorrer obrigatoriamente dois alinhamentos diferentes. As vantagens em relação ao teclado padrão, segundo a lógica desta disposição, são (1) isomorfismo escalar[525], ou seja, a manutenção do mesmo gesto para o mesmo intervalo ou acorde ou escala, qualquer que seja a localização no teclado[526]; (2) cada coluna corresponde à mesma nota, o que permite tocar o mesma em sítios diferentes; (3) sendo a largura física da oitava encurtada no teclado, permite ao instrumentista obter maior extensão e reduzir a distância entre notas afastadas.

[524] *Grosso modo*, uma vez que os cantos são arredondados.

[525] Maupin, Gerhard, & Park (2011) fazem uma boa súmula do isomorfismo escalar, quer no teclado *Jankó*, quer em outro tipo de geometrias, nomeadamente hexagonais.

[526] Ou seja, a tríade maior, como exemplo, pode ser transposta para qualquer tonalidade com o mesmo posicionamento relativo dos dedos.

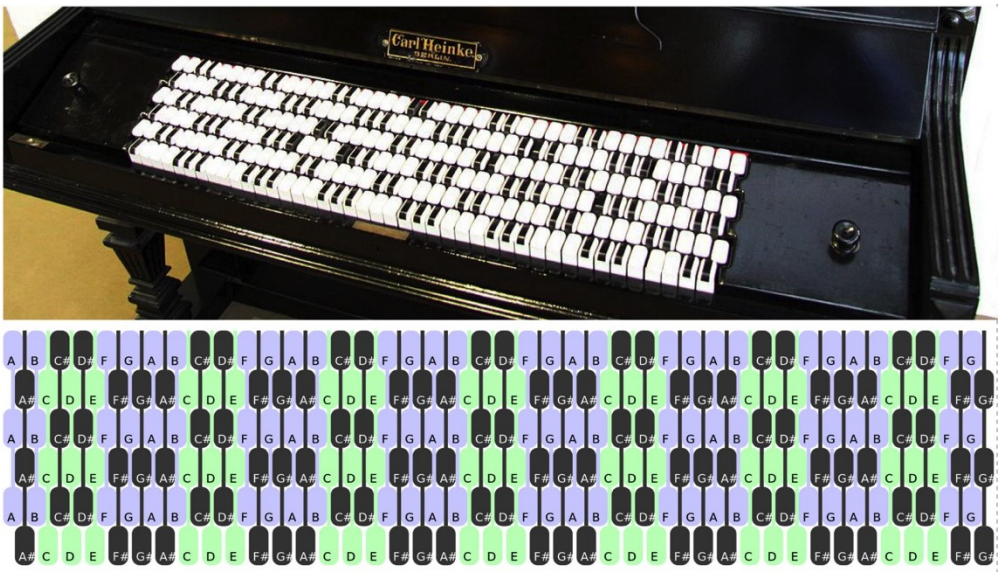


Figura 91. Piano *Janko*[527/528]

A morfologia rectangular pode manifestar-se com outro tipo de variantes. O *Tonal Plexus* é um controlador microtonal constituído por segmentos rectangulares onde se inserem uma série de botões de forma a poder seleccionar – de forma discreta – diferentes entoações inacessíveis ao sistema temperado ocidental. A explicação desta disposição está relacionada com a diferença de afinação entre o sistema temperado e o sistema pitagórico; o primeiro relacionado com a divisão da oitava, o segundo com a acumulação sucessiva de quintas perfeitas. Através da divisão da oitava em 205 partes[529], essas pequenas diferenças estão contempladas neste invulgar controlador[530].

[527] https://en.wikipedia.org/wiki/Jank%C3%B3_keyboard#/media/File:MIM_Janko_Piano.jpg

[528] https://en.wikipedia.org/wiki/Jank%C3%B3_keyboard#/media/File:Janko_keyboard.svg

[529] http://hpi.zentral.zone/pdf/articles/TonalPlexusMicrotonalKeyboard2015.pdf

[530] Tendo em conta a complexidade da fundamentação teórica que a ele está subjacente, toda a informação adicional encontra-se explicada no sítio em linha deste controlador (http://hpi.zentral.zone/tonalplexus).

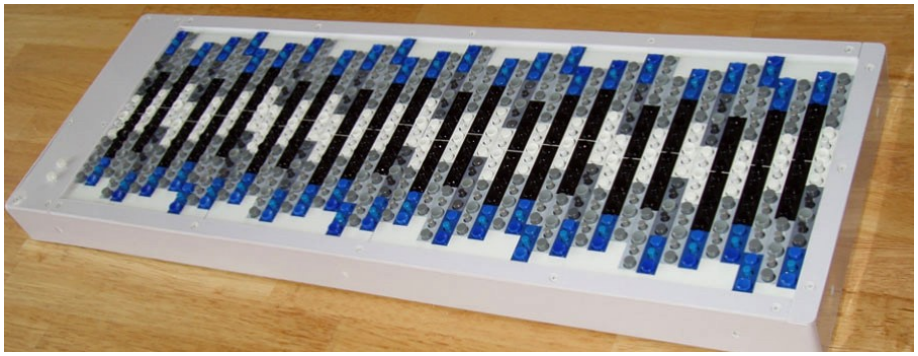


Figura 92. *Tonal Plexus*[531]

Para finalizar esta subsecção, há a consciência da dificuldade em desligar os aspectos morfológicos da própria organização global dos manuais e respectivas escalas. Por isso, tendo em conta, o contexto geral da investigação, a prossecução de um objectivo multifacetado nem sempre permite, infelizmente, dedicar a profundidade desejada a cada aspecto. Resta aferir, para já, a existência de uma diversidade de organizações escalares[532] e morfologias associadas, em que os exemplos apresentados são apenas uma amostra.

3.2.3.2. Quadrangular

A disposição quadrangular encontra-se presente em diversos dispositivos, nomeadamente no *LinnStrument* e no *Sound Plane*. Há, contudo, uma pequena diferença entre eles: enquanto que o primeiro se apresenta como uma matriz de quadrados, o segundo é, na verdade, uma matriz de rectângulos.

Tendo o quadrado uma proporção dos seus lados de 1:1, como acomodar medidas próximas – como a do *Sound Pla*ne –, sobretudo quando a sua disposição é perfeitamente ortogonal? Como classificar proporções de 11:10, tão próximas do quadrado? Admitindo que (1) os quadriláteros com ângulos rectos com proporções próximas do quadrado e (2) dispostos de forma ortogonal possam ser admitidos – em sentido lato e em termos práticos –, como quadrados, a partir de que ponto passam a ser percepcionados como rectângulos?

A resposta a estas questões pode ser arbitrária, dependente de critérios mais ou menos subjectivos. A única coisa que se pode afirmar com segurança é que um

---

[531] http://hpi.zentral.zone/tonalplexus

[532] Existe também o extraordinário caso do teclado relativista, ou seja, em vez das teclas estarem consignadas a uma altura fixa, estão consignadas uma mudança de intervalo. O *Samchillian Tip Tip Tip Cheeepeeeee* é um controlador em que a cada tecla corresponde um número de graus de altura da última nota executada (Gruenbaum, 2007).

quadrado é um quadrilátero em que, para além de apenas possuir ângulos rectos, os seus lados são todos iguais. Qualquer alteração a este pressuposto desclassifica a sua própria definição geométrica.

Mas o problema da exposto no segundo parágrafo mantêm-se e, não sendo possível uma resposta inequívoca, torna-se necessário arranjar um critério operacional para dirimir esta situação.

Um solução possível partiria do pressuposto que a percepção quadrangular seria aplicada a todos os rectângulos dispostos de forma ortogonal cujo quociente entre o lado mais comprido e o lado mais curto fosse inferior a 2, tal como como ilustrado na Figura 93.

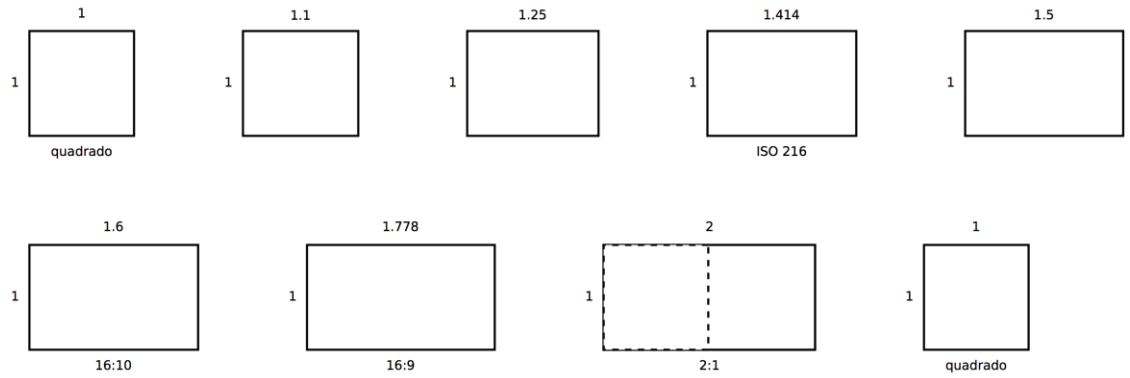


Figura 93. Diversas proporções de rectângulo.

Em suma, havendo a necessidade de diferenciar entre uma disposição tendencialmente quadrangular de uma disposição rectangular, foi escolhida como fronteira a proporção 2:1, sabendo de antemão que é um critério arbitrário, podendo haver outros igualmente válidos.

Um efeito geométrico interessante é a gradação das distâncias dos trastes num instrumento de cordas como a guitarra: à medida os trastes se afastam da pestana (extremo vibrante da corda, junto às cravelhas), a distância dos trastes diminui, proporcionando um efeito visual em que segmentos rectangulares vão-se paulatinamente transformando em quadrados. Aqui, ao contrário dos teclados, o tamanho das áreas discretas é reflexo da matéria excitada.



Figura 94. Pormenor da guitarra *Ibanez AEG24II*[533].

A utilização de matrizes quadrangulares ortogonais combina características instrumentais híbridas: (1) o teclado entendido como uma superfície plana em forma de tabuleiro com divisões discretas; (2) a guitarra tanto pelo seccionamento horizontal e vertical da superfície de aquisição gestual como pela lógica escalar representada. A Figura 95 mostra alguns exemplos dessa situação.



Figura 95. *ZBoard 24x24*[534], *ZBoard 12×24*[535], *ZBoard ZB6*[536] e *Sonic Palette*[537/538].

[533] http://www.ibanez.com/products/images/ag2017/thumbnails/AEG24II_TGB_12_08.png

[534] https://www.starrlabs.com/product/zboard2424/

[535] https://www.starrlabs.com/product/zboard/

[536] https://www.starrlabs.com/product/zb6/

[537] http://www.sonicpalette.com/

[538] Patente: US7273979 B2

3.2.3.3. Circular

Os botões ou teclas em forma de círculo estão presentes em variados instrumentos e controladores instrumentais (Figura 96). Diversos instrumentos portáteis – como acordeões e afins –, beneficiam com múltiplas carreiras de botões, permitindo tornar a consola mais compacta e, adicionalmente em alguns modelos, permitir a acessibilidade à mesma nota em sítios diferentes.



Figura 96. Diversas consolas de acordeões e instrumentos relacionados.

Acordeão *Pigini Professional C 226*[539], acordeão *Pigini Professional P/37 Cassotto*[540], Concertina[541/542], sistema mecânico do Bandoneon[543], órgão *Marinucci Model 700*[544], órgão *Elka Concorde X-902*[545] e órgão *Kentron SD80*[546].

[539] http://www.pigini.com/en/prodotti/professional-c-226/

[540] http://www.pigini.com/en/prodotti/professional-p-37-cassotto/

[541] Também conhecido como acordeão diatónico.

[542] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accord%C3%A9on_diatonique.jpg

A comparação destes instrumentos com os órgãos é inevitável, uma vez que ambos são aerofones com fole e teclas. Além disso, a combinação de diversos graus de portabilidade, assim como a disposição de segmentos rectangulares e botões circulares, gera configurações instrumentais com algum hibridismo.

Em relação aos sons e alturas consignadas aos botões – no caso dos acordeões e afins –, vários aspectos devem ser considerados – e misturando diversos instrumentos: (1) escalas diatónicas e cromáticas; (2) tessituras de uma oitava a cinco oitavas; (3) botões monofónicos e botões de acordes; (4) um registo ou vários registos, (5) sistemas unissonoros[547] e bissonoros[548] e (6) instrumentos com tessitura específica[549].

Sobre as disposições escalares propriamente ditas, muita poderia ser dito sobre este tipo de instrumentos: sendo muito utilizados na música popular e com grande disseminação cultural, eles próprios reflectem vários tipos de escalas, disposições escalares e técnicas de construção instrumental. A título de exemplo, as disposições cromáticas têm vários sistemas, conforme se trate do sistema europeu ocidental, o sistema *bayan* (utilizado na Rússia) ou o sistema bissonoro do *bandoneon*, bastante diferente dos anteriores.

3.2.3.4. Hexagonal

Tudo o que pode ser dito em relação aos botões circulares pode ser estendido aos botões hexagonais. Contudo, estando eles distribuídos de forma contígua, distinguem-se pelo seu encaixe geométrico, proporcionando uma disposição visual não vinculada a uma ortogonalidade estrita (quatro pontos cardeais).

Os controladores ilustrados na Figura 97 permitem desenvolver técnicas instrumentais como transposições isomórficas (B. Park & Gerhard, 2013a) e abordagens microtonais. Sobre este último aspecto, os controladores *Terpstra* e *Microzone U-648*

---

[543] https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ABandoneonApart1.jpg By Oscar (Own work) [CC BY-SA 3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0) or GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)], via Wikimedia Commons

[544] https://www.ebay.co.uk/itm/Electronic-Electric-Air-Piano-Accordion-Organ-By-Marinucci-Model-700-Italian-/282593509497

[545] http://www.matrixsynth.com/2013/10/elka-concorde-x-902-weirdest-organ.html

[546] https://www.ketron.it/images/ketron/SD80/SD80fronte_0399ok_72dpi.jpg

[547] O mesmo som a abrir e fechar o fole.

[548] Sons diferentes a abrir e fechar o fole.

[549] Concertinas contrabaixo, baixo, tenor e alto.

propõem diversas configurações escalares, mais ou menos coincidentes com o aspecto visual da consola[550].



Figura 97. Controladores com teclas hexagonais: *Terpstra*[551], *Opal*[552], *Microzone U-648*[553], *AXiS-49*[554] e *AXiS-64*[555].

3.2.3.5. Casos especiais

Os casos especiais incluem as situações mais diferenciadas do paradigma do teclado padrão ainda que possam ser mais ou menos aparentados, conforme os casos. Segmentos, lamelas, diversos manuais – e inclusivamente pedaleiras –, podem ser incluídos neste tipo de casos. Logicamente o próprio conceito de tecla pode ser questionado. Mas o critério de tecla, como anteriormente foi referido, é aplicado a uma área discreta afecta a uma altura sonora independente.

A execução da sanfona[556] (Figura 98-1) proporciona uma interessante associação de continuidade na intensidade e discrição na altura do som[557]. A intensidade é proporcional à velocidade da roda e respectivo manípulo. Essa intensidade é,

---

[550] O conceito do controlador *Terpstra* prevê a vantagem de haver vários tipos de coloração das teclas (http://terpstrakeyboard.com/about/). Nesse aspecto a imagem luz permitiria solucionar este tipo de constrangimento.

[551] http://terpstrakeyboard.com/about/

[552] http://www.shapeofmusic.com/index.php

[553] https://www.starrlabs.com/product/microzone-u648/

[554] http://www.c-thru-music.com/cgi/?page=prod_axis-49

[555] http://www.c-thru-music.com/cgi/?page=prod_axis-64

[556] Viela de roda ou *Hurdy-gurdy* (inglês).

[557] https://www.youtube.com/watch?v=QHmML7bu-iM

inclusivamente, totalmente contínua: para tocar duas intensidades diferentes é necessário passar pelas intermédias, devido à inércia da própria roda. A altura do som é discreta, sendo accionada por um mecanismo de teclas. Contudo, devido à simplicidade do mecanismo, é possível executar pequenos *vibrati* e *glissandi*. De realçar a sua extraordinária sonoridade proporcionada pelo bordão, pela sua capacidade harmónica e pela vibração da sua caixa de ressonância.

A *Nyckelharpa*[558] (Figura 98-2) associa a agilidade da execução com arco com a discrição da altura do som[559]. Em relação sanfona, possui uma capacidade dinâmica notável, de ataque muito preciso e rítmico, à semelhança do violino. As alturas são discretas, accionadas por um mecanismo discreto tipo teclado. Embora mais subtil em relação com a sanfona, permite pequenas oscilações de altura, fazendo o *vibrato* pela modulação da tensão das cordas pelo oscilar da tecla. Apesar de utilização rara[560] – talvez pela dificuldade técnica e associação a estilos musicais rápidos e dançáveis –, o virtuoso Thomas Roth[561] demonstra bem o domínio dessa técnica instrumental [562].

O carrilhão de sinos é um exemplo da manutenção do princípio da disposição cromática padrão e relação exclusiva entre um segmento da superfície de aquisição gestual e uma altura de som (Figura 98-3). Em termos morfológicos é deveras curioso uma certa equivalência morfológica entre consola de mãos e a pedaleira: um grande espaçamento entre cada segmento e o princípio de uma nota para cada membro (mão-pé). Poder-se-ia dizer que a consola manual é uma pedaleira junto às mãos e, inversamente, a pedaleira é uma consola de mãos junto aos pés[563].

O *mbira* do fabricante *Array*[564] – tal como qualquer antecessor africano – é executado através do dedilhar de lamelas e, dentro dos casos especiais apresentados, é o único que o som é produzido pelas própria superfície de aquisição gestual[565]. A sua inclusão deve-se à relação exclusiva entre bastão e respectivo som.

---

[558] *Nyckelharpa* (sueco), *keyed fiddle* ou *key harp* (inglês).

[559] https://www.youtube.com/watch?v=7sfBcWvVUbs&list=RD7sfBcWvVUbs&t=37

[560] O próprio fabricante Lennart Lovdin informa que tal não é possível (http://www.nyckelharpaaustralia.com/index.php/history).

[561] http://www.thomas-roth.com/

[562] https://www.youtube.com/watch?v=7sfBcWvVUbs&list=RD7sfBcWvVUbs&t=37 (2m19s, 2m38s, 2m45s, 3m28s)

[563] Logicamente com pequenas diferenças morfológicas. Mas bastaria pensar como seria absolutamente despropositado tocar um teclado padrão com os pés.

[564] http://www.arraymbira.com/

[565] https://www.youtube.com/watch?v=Z3b1bz_9gEo&list=RD7sfBcWvVUbs&index=3

O caso especial do mbira

A inclusão do *mbira* no conceito lato de dispositivo de teclas levanta a problemática sobre a inclusão de outros idiofones como a marimba ou o metalofone. Poderão ser estes instrumentos ser considerados, em termos latos, dispositivos de tecla? A pertinência desta pergunta assenta na disposição visual com elevada conformidade à do teclado padrão, nomeadamente na divisão cromática da escala e na separação das alturas diatónicas e alteradas. Para esta investigação, a resposta é negativa, pelo seguidamente exposto.

Em primeiro lugar, pela dificuldade em definir a superfície de aquisição gestual: ficará ela nas baquetas ou nas lâminas? Seguindo um critério relacionado com o contacto físico das mãos, ela situar-se-á nas próprias baquetas: a ponta da baqueta oposta à mão é o excitador e as lâminas são aquilo que é excitado. No caso do *mbira*, as lâminas são, em conjunto com as mãos, um híbrido de excitador e matéria excitada. Além disso, em termos orgânicos, as baquetas não fazem parte do corpo do dispositivo instrumental.

Poder-se-á contrapor que a marimba e semelhantes, poderão eventualmente ser tocados directamente com as mãos, sem necessidade de qualquer dispositivo auxiliar. Nesse caso, poder-se-á existir algum paralelismo aos instrumentos de teclas. É admissível que sim, tendo em conta a organização visual e eventuais parecenças de técnica instrumental. Contudo, mesmo nessa situação, há uma transgressão do conceito ortodoxo de tecla – e já excluindo a inexistência de qualquer mecanismo intermediário e peças móveis: as áreas discretas são zonas de acesso cuja área e morfologia é invariável em relação à variação da altura do som. Isso significa que as áreas discretas devem ser uniformes, não sendo por isso obrigatoriamente proporcionais à altura dos sons que representam. No caso da marimba e do metalofone, o comprimento das lâminas varia em função da altura, embora seja a largura a medida física mais preponderante (por ser cumulativa).

Em suma, vários aspectos concorrem para a definição conceptual de teclado, havendo uma parte relativamente subjectiva e relacionada com representações visuais e aspectos da prática instrumental. O caso do *mbira*, sendo um caso especial, poderá ser a fronteira a partir da qual o conceito de teclado se torna mais divergente. Contudo, tendo em conta os critérios valorizados e o ponto de vista da prática musical, esse limite – ao inserir-se dentro de um contínuo de soluções instrumentais – pode ser demasiado fluído para uma definição estática e unívoca.



Figura 98. Sanfona[566], *nyckelharpa*[567], manual e pedaleira do carrilhão[568]e *mbira*[569] *Array*.

[566] By Sander van der Wel – Flickr: Elf Fantasy Fair 2010, CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14750532

[567] By Bengt Nyman from Vaxholm, Sweden (Vaxholm_8556) [CC BY 2.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0)], via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AVaxholm_8556_(1158877619).jpg

[568] http://www.carillon.org/eng/dynamic_frame_eng.htm?http://www.carillon.org/eng/actueel/gdansk_3.htm

3.2.4. Disposição visual

A disposição visual está relacionada apenas com a organização visual e geral dos teclados, independentemente da forma geométrica de cada tecla e das escalas utilizadas. Nem sempre esta separação é simples de fazer, e a sua elaboração descontextualizada pode ignorar a essência de cada instrumento. Todavia, pode ser reveladora da diversidade e engenho das disposições visuais presentes no universo instrumental. Acresce que, se esta implementação instrumental tem como um dos seus pilares a flexibilidade de configuração visual, todos os aspectos passíveis de representação visual podem ser, em teoria, objecto de estudo.

Redundância de alturas

Este conceito está ligado com a capacidade de tocar a mesma nota com teclas diferentes. Está implícito que a mesma nota significa o mesmo excitador, ou seja, "o mesmo som". Repare-se que "o mesmo som" não é igual à "mesma altura", ou seja, num violino é possível tocar a mesma altura em cordas diferentes, embora o timbre seja forçosamente diferente, devido às diferenças de massa e tensão das cordas.

Instrumentos como o cravo e o órgão podem apresentar diversos manuais de forma a obter diferentes combinações tímbricas. Mas existem instrumentos de teclas em que o excitador pode ser accionado de vários sítios, proporcionando mais possibilidades de dedilhação, tocar mais notas em simultâneo ou atenuar distâncias físicas dentro da superfície de aquisição gestual. Evidentemente que o custo da habituação a um sistema esotérico deverá ser equacionado na obtenção de possíveis vantagens. Contudo, este aspecto está dependente também do tipo de implementação, do uso dado e da capacidade de habituação do instrumentista.

O compositor e inventor de instrumentos musicais Emánuel Moór criou, em 1920, um sistema onde as 88 teclas são complementadas com um teclado adicional de 76 teclas (Figura 99-1). Segundo Good (2001), o teclado superior percute as cordas uma oitava acima do teclado inferior, permitindo ainda que a acoplagem dos ambos possibilite executar no teclado inferior e apenas com uma tecla o intervalo de oitava. Outra técnica descrita é a execução, com a mesma mão, de notas com uma distância de duas oitavas, em que o polegar toca no teclado inferior e o mindinho no superior[570/571].

---

[569] http://www.arraymbira.com/wp-content/uploads/2017/09/4HB-blonde-mahogany-and-makore-600x600.jpg

[570] https://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/L.2014.77/ (The Metropolitan Museum of Art, n.d.)

[571] Depreende-se que esta descrição se aplica à execução de agudos pela mão direita. Pela lógica, a execução de graves com a mão esquerda deverá ser polegar no teclado superior e mindinho no inferior.

Outro sistema de redundância aplicado ao piano foi implementado no final do séc. XIX[572] por Paul von Jankó: uma matriz de 6 linhas de 42 teclas, organizadas por dois conjuntos de tons inteiros (3 segmentos alinhados em cada conjunto), perfazendo a totalidade de 252 teclas (Figura 91, p. 224). Neste caso, para além da redução das distâncias físicas permite manter a mesma dedilhação para acordes com a mesma estrutura harmónica, qualquer que seja a sua transposição[573]. De notar que, neste caso, cada conjunto de encontra-se mecanicamente articulado, sendo a mesma nota e funcionando em simultâneo.

Por fim, o próprio acordeão – e considerando os botões como teclas – apresenta uma duplicação de filas que permite o acesso à mesma altura de diferentes maneiras.



Figura 99. Piano *Pleyel* com sistema de duplo teclado de Emánuel Moór [574].

Orientação de alturas

A orientação das escalas faz-se no teclado padrão – do ponto de vista do instrumentista e dos graves para os agudos – da esquerda para a direita. É essa a tradição ocidental dos instrumentos de teclas em forma de tabuleiro horizontal, e seria interessante verificar se esse pressuposto é extensível a outras épocas e culturas.

Os irmãos Edouard e Alfred Mangeot complementaram este princípio construindo um duplo piano reverso, em que a orientação do teclado superior se processa em sentido oposto do inferior, ou seja, graves na direita e agudos na esquerda[575]. Patenteado em

[572] Patenteado em 1881 (Cranmer, 2001) e aplicado em 1887-8 (Meeùs, 2001).

[573] https://www.youtube.com/watch?v=cK4REjqGc9w

[574] https://en.wikipedia.org/wiki/Em%C3%A1nuel_Mo%C3%B3r#/media/File:MIM_Double_Manual_Piano_CN5266.jpg

[575] http://www.mim.be/double-piano-with-mirrored-keyboards-by-les-freres-mangeot?from_i_m=1

1876 por E. J. Mangeot, o seu propósito foi permitir a execução das mesmas passagens com a mesma dedilhação em ambas as mãos (Meeùs, 2001).



Figura 100. Duplo piano reverso *Mangeot*[576].

A questão da orientação num instrumento com uma mecânica tão complexa como o piano é um assunto um pouco lateral, até porque a utilização das duas mãos e o posicionamento do instrumentista em relação ao seu instrumento é bastante simétrico. Contudo, em outros instrumentos como a guitarra ou a flauta transversal – com uma utilização corporal muito assimétrica –, é relativamente comum a existência de instrumentos para esquerdinos[577/578].

A questão da orientação também se pode colocar no eixo Y, ou seja, de dentro para fora: se os graves estão mais perto ou afastados do ponto de vista do executante (Figura 101-1). Instrumentos com mais que uma fila podem, teoricamente, apresentar várias configurações. No piano de duplo teclado de Emánuel Moór é tácito que o teclado superior – aqui entendida como o mais afastado – se destina à execução de agudos, embora partilhem grande parte da tessitura e o teclado superior disponha de menos teclas. Mas dispositivos instrumentais como o *LinnStrument* e o *Soundplane*, ao apresentarem várias linhas de teclas com possibilidade de configuração escalar, a questão da orientação dos graves-agudos ganha outra relevância.

A orientação dos graves-agudos também pode ser feita no eixo Z, sendo aplicável aos teclados vários manuais e pedaleira (Figura 101-2). A pedaleira do órgão toca, por norma, a parte mais grave dos sons, muitas vezes uma linha de baixo. Essa prática

[576] *Idem*.

[577] http://www.ibanez.com/usa/products/left_eg.html

[578] https://www.viento-querfloeten.de/en/left-handed-concert-flute.html

instrumental deriva tanto de aspectos musicais como técnicos: musicais pela separação de vozes em variada música tonal, onde o espaçamento dos graves é mais amplo que o das vozes superiores; técnicos pela maior dificuldade em tocar acordes na pedaleira. De notar, contudo, que são situações não vinculativas, uma vez que existe a utilização virtuosa da pedaleira, podendo nela ser executadas harmonias (sejam *clusters* ou vozes independentes). No caso do piano de duplo teclado de Emánuel Moór a percepção de graves-agudos também pode ser entendida como uma organização de alturas no eixo Z, derivado do desnível dos teclados e diferenças de alturas. Nesse aspecto, os órgãos de tubos também podem ser entendidos dessa maneira.

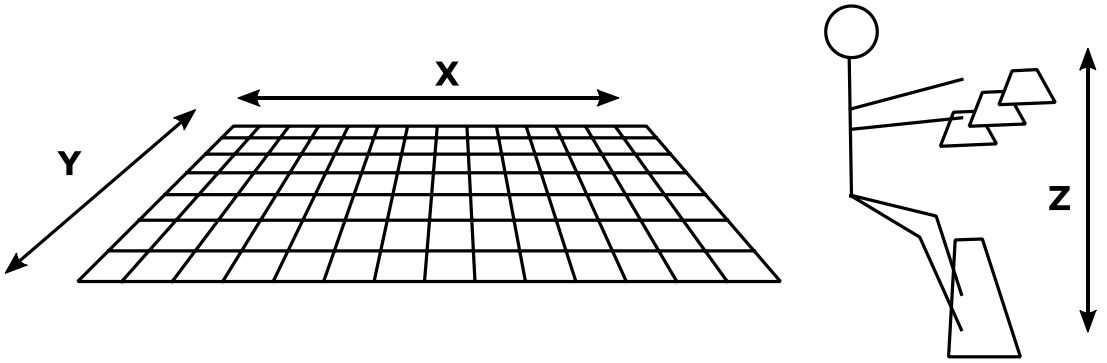


Figura 101. Possibilidades de orientação dos graves-agudos.

Planos gerais rectilíneos e curvilíneos

Os teclados são construídos, por norma, numa área rectangular. Esmiuçando este entendimento, significa uma superfície com quatro ângulos rectos e globalmente rasa, excluído o desnível das teclas alteradas, uma vez que a análise recai sobre a área global. Fazendo uma analogia – e abstraindo a segmentação das teclas –, como uma tábua ou o tampo de uma mesa.

Esse princípio é mantido mesmo em teclados de dispositivos portáteis, como acordeões e afins, melódicas e, inclusivamente, adaptações de teclados em guitarras[579].

Contudo, este paradigma é pontuado com excepções bastante diversificadas. O fabricante *PianoArc*[580] dedica-se, à construção de modelos horizontais curvos, tendo criado, em 2012, o modelo *SN1* (Figura 102), construído num "arco de 360º". Mais recentemente foi substituído pelo modelo *Brock360*[581], sendo complementado pelo

[579] A língua inglesa denomina-os como "keytar".

[580] https://pianoarc.com/

[581] https://pianoarc.com/brock360/

modelo *Dual Wing,* baseado numa disposição em semicírculo (com dois teclados em arco de 90º cada)[582]. Seja por razões ergonómicas ou mero efeito visual, este dispositivo é, efectivamente, um produto comercialmente disponível.



Figura 102. *PianoArc SN1*[583].

Muito antes disso, Frederick Clutsam patenteou um teclado em forma de arco (971172, 1907), cujo princípio supostamente facilitaria a execução das teclas extremas situadas nos baixos e agudos (Meeùs, 2001).

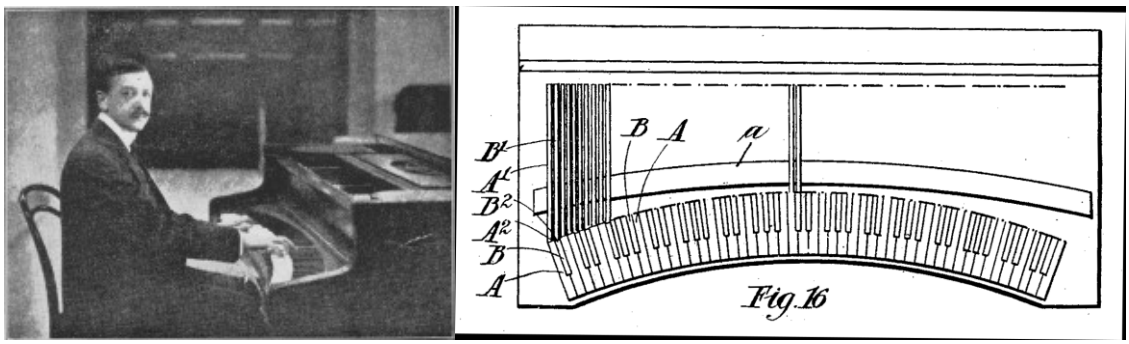


Figura 103. Piano de teclado curvo Clutsam: (1) pianista, compositor e maestro suíço Rudolph GanzH[584], (2) Pormenor de ilustração da patente[585].

A *Wheel Harp* é um instrumento que junta ao conceito da viola de roda um teclado, havendo um modelo específico com uma disposição de teclado radial (Figura 104-1-2), ou seja, curvo no plano vertical. A curvatura do teclado acompanha a sua roda

[582] https://pianoarc.com/dualwing/

[583] https://pianoarc.com/purchase-use-serial-number-1-original-pianoarc/

[584] http://www.amica.org/Live/Organization/Honor-Roll/Ganz.htm

[585] Desenho incluído na patente (971172, 1907).

interior que fricciona as cordas[586]. A versão plana partilha essa disposição com a *Viola Organista*[587], uma extraordinária recriação feita por Sławomir Zubrzycki de um instrumento de teclas e cordas friccionadas esquematizado por Leonardo da Vinci[588].



Figura 104. Harpa de roda[589].

Mais radical é a disposição do *AlphaSphere*, um dispositivo instrumental em forma de esfera. Se bem que a superfície de aquisição gestual seja constituída por círculos semelhantes a pequenas congas, cada uma delas está associada a uma altura da escala diatónica de dó, configurável também para um mapeamento cromático (Place, Lacey, & Mitchell, 2013, 2014). Todavia a sua inclusão neste tópico deve-se mais à peculiaridade morfológica do que uma associação inabalável ao conceito de teclado.

Em termos de dispositivos com ecrã ou projecção de imagem, a partir do momento que a imagem é constituída por luz, todas as formas são possíveis, incluindo disposições circulares, entre tantas outras. Assim sendo, no seu lançamento a aplicação *Magic Piano* apresentava as teclas virtuais com a disposição em círculo e em espiral (Hamilton, Smith, & Wang, 2011, p. 61). Um conceito aprofundado de teclado helicoidal é apresentado Herder & Cohen (2002), baseado na visualização e audição cíclica da estrutura de uma escala, segundo o conceito de Shepard (1982). Esse projecto, denominado por *Helical Keyboard,* contempla várias representações gráficas, viradas para a tridimensionalidade visual e espacial conceito – para além da utilização de formas, cores e animação –, pelo que a sua transposição visual para 2D é bastante

[586] https://www.youtube.com/watch?v=MGOqIYo9cBE

[587] http://www.violaorganista.com/

[588] http://www.violaorganista.com/en/about/history/

[589] https://newatlas.com/antiquity-music-jon-jones-wheelharp-namm-debut/26000/

limitativa. Acresce que a implementação completa deste conceito escalar implica, tal como apresentado, um ambiente imersivo em semiesfera com 15 altifalantes.

Relevo e seccionamento

Estes dois itens aparecem relacionados no mesmo tópico, embora signifiquem coisas diferentes. O relevo está relacionado com o destaque vertical dos elementos de um plano horizontal. O seccionamento está relacionado com a separação ou fraccionamento – físico ou simbólico – entre duas coisas.

Em relação ao relevo, o teclado padrão organiza as teclas correspondentes às alterações cromáticas num plano mais elevado em relação às restantes (Figura 105-4). Outros teclados de teclas móveis podem apresentar-se sem relevo, como os casos do acordeão e do *Soundplane* (Figura 105-3).

O fraccionamento da superfície de aquisição gestual é um aspecto obrigatório nos instrumentos de teclas acústicos, uma vez que sendo a tecla a extremidade de uma alavanca ou de um sistema com partes móveis, a transmissão da energia mecânica necessita desta característica. Contudo, este princípio não se aplica aos instrumentos electrónicos, onde membranas e superfícies rígidas inamovíveis podem ser segmentadas ou visualmente padronizadas de forma a comandar acções discretas ou contínuas. O *Continnum Figerboard* é um exemplo de uma superfície contínua sem relevo e fraccionamento (Figura 105-1), assim como o *Seaboard* e o *Linnstrument* podem ser vistos como teclados com uma superfície contínua com relevo, embora com diferentes concretizações (Figura 105-2).

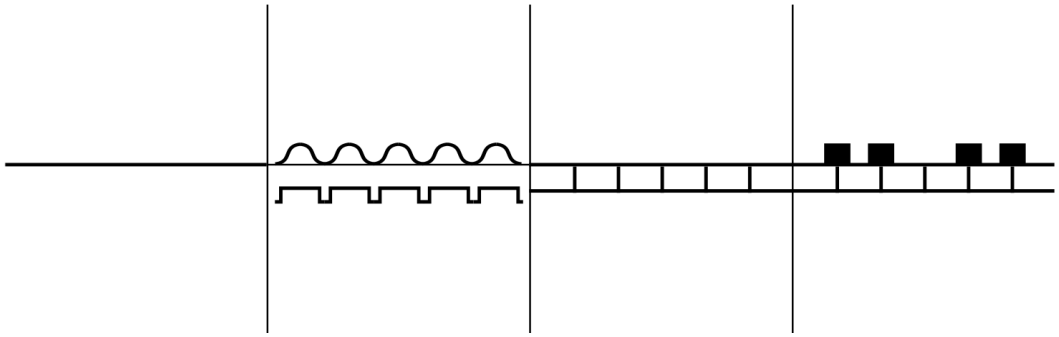


Figura 105. Diversos tipos de superfícies: (1) contínua e plana; (2) contínua com relevo; (3) fraccionada e plana; (4) fraccionada com relevo.

Alinhamento

A maneira como as teclas estão alinhadas está relacionado com a forma da tecla, escalas utilizadas e aspectos ergonómicos. Contudo, para este tópico, a ênfase recais na forma como as teclas estão alinhadas entre si.

Uma organização geometricamente clara é o alinhamento ortogonal das teclas, independentemente da forma de cada uma; ou seja, a intersecção das carreiras de teclas através de ângulos rectos (Figura 106, cima).

O alinhamento pode ser ortogonalmente desfasado, gerando alinhamentos diagonais (Figura 106, baixo). De notar que, da maneira como o conceito é proposto, aquilo que é desfasado pode, teoricamente, ser sincronizado, partindo do pressuposto de todas as teclas serem iguais.

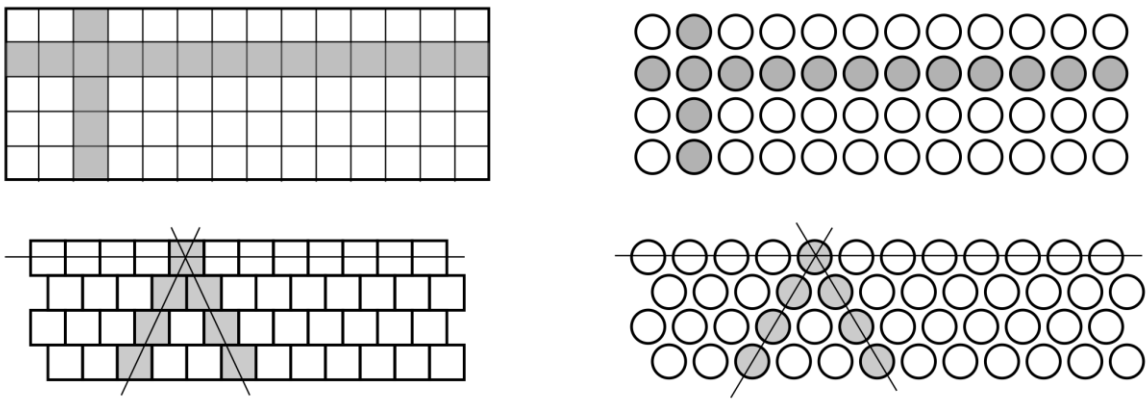


Figura 106. Tipo de alinhamento: ortogonal (cima); desfasado (baixo).

A percepção da ortogonalidade pode ser feita de forma contígua (Figura 106, cima); ou desfasada, através de um padrão que se repete mesmo, que de forma intercalada. Assim sendo, a Figura 107, mostra alinhamentos ortogonais em que um dos eixos é contíguo e o outro intercalado, sendo a contiguidade horizontal ou vertical. A referência a "tendencialmente" diz respeito à primazia de leitura das teclas contíguas em relação às intercaladas.

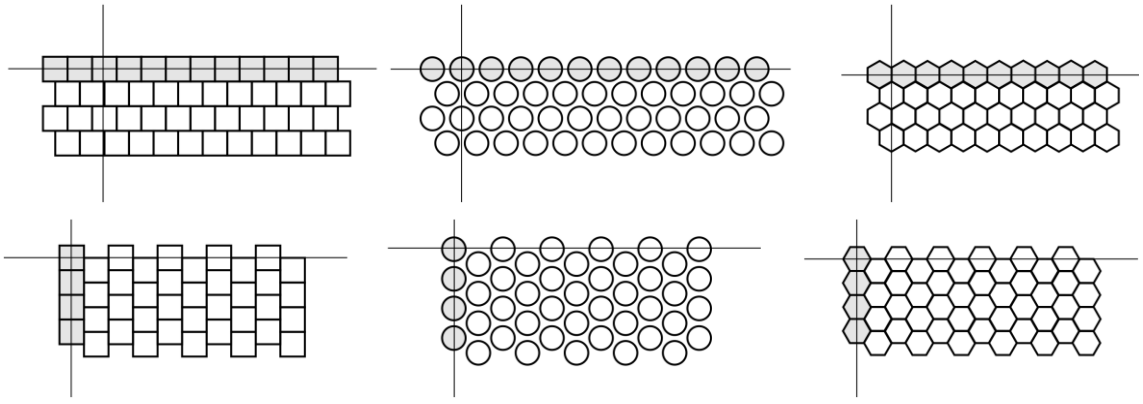


Figura 107. Ortogonalidade tendencialmente horizontal (cima) e vertical (baixo).

Em relação ao parágrafo anterior, é necessário ter em consideração que as disposições apresentadas dizem respeito apenas a aspectos geométricos. Para um entendimento mais contextualizado, é necessário ter em consideração os sistemas

escalares incluídos. Assim sendo, o acordeão com o *sistema cromático B*[590] (Harrington, 2001), organiza a escala cromática na diagonal, podendo ser esse eixo o mais preponderante na apreciação geométrica (Figura 108-1, *recta a*).

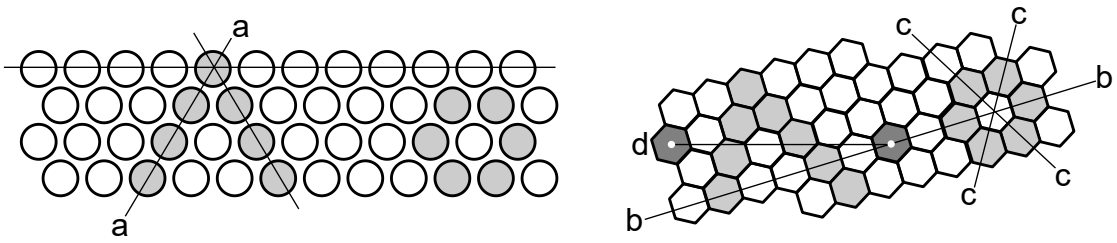


Figura 108. Diversos alinhamentos diagonais.

Para além das diagonais, a própria matriz pode sofrer rotação, como mostra a *recta b*. Nas duas ilustrações, para efeito de análise visual, encontra-se sombreado um exemplo contendo todas as teclas contíguas relativamente a uma única tecla, fazendo uma espécie de círculo. Por sua vez, cada uma das teclas desse contorno circundante pode ser a tecla contígua de várias diagonais, como mostram as *rectas b* + *c*.

Por fim, a *recta d* representa o distanciamento de oitava no controlador *Terpstra*[591], curiosamente a única linha horizontal no eixo X da Figura 108 (direita). Em suma: são possíveis diversos alinhamentos diagonais nas disposições constituídas por matrizes, sejam elas abstracções visuais, sejam elas derivadas de organizações escalares[592].

Sobre teclas circulares-hexagonais, Macritchie & Milne (2017) apresentam um estudo sobre a aprendizagem e usabilidade com várias organizações e alinhamentos escalares. De notar que este estudo, ao ser realizado num *tablet*, pôde utilizar o mesmo dispositivo com diferentes imagens, eliminando possíveis variáveis ergonómicas associadas a dispositivos físicos concretos.

3.2.5. Recursos complementares de performance

Os teclados estão relacionados, primeiramente e por tradição, à selecção de alturas. Mais tarde – de várias maneiras –, ao timbre (e por arrasto à intensidade a ele associada), seja de forma temporalmente desfasada, seja por descentralização da

[590] Sistema de organização escalar preferencialmente utilizado na Rússia e Alemanha.

[591] http://terpstrakeyboard.com/about/

[592] Este último aspecto é uma possível área de investigação futura.

superfície de aquisição gestual (órgão de tubos com registos). Mais tarde – de forma directa e independente – à intensidade (clavicórdio, pianoforte).

A associação de alturas e timbres pode ser feita, numa primeira instância e complementarmente, pela selecção de registos, ou seja, o mesmo manual (teclado) pode ser tocado com diferentes timbres, daí a sugestão da designação temporalmente desfasada. Isto significa que, neste caso, a mesma tecla pode dar diferentes timbres em tempos diferentes, depois da mudança do registo. Adicionalmente, também pode ser descentralizada, uma vez que um órgão com diferentes manuais pode ter diferentes registos tímbricos em simultâneo, ou seja, a mesma nota pode ser tocada com timbres diferentes em diferentes teclados. O mesmo se passa com alguns tipos de cravo.

A associação de alturas e intensidades diferentes, surgiu com o clavicórdio e o pianoforte. Nestes instrumentos, é possível obter – de forma directa e independente na mesma tecla – diferentes intensidades.

Note-se que a associação da tríade altura-timbre-intensidade[593] não aparece directamente centralizada nos instrumentos de teclas acústicos. Existem diversas associações descentralizadas de intensidade como os pedais no órgão do séc. XIX, na velocidade de rotação da manivela na viola de roda ou o friccionar da harpa de teclas.

Poderá ser redutor denominar como "complementares" todos os dispositivos associados a teclados, embora essa visão possa ser enquadrada sob uma perspectiva "nota-cêntrica". É inegável que os controladores de teclas estão associados primariamente à divisão escalar discreta, bem como ao ataque sonoro bem delimitado e sem manipulação contínua de outros parâmetros. Mas, por outro lado, há que precaver possíveis utilizações instrumentais – sejam ou não ortodoxas – em que a função dos dispositivos complementares é tão ou mais importante que a selecção discretas de alturas.

Nos instrumentos electrónicos, em teoria, tudo pode ser associado a qualquer coisa, a proeminência "nota-cêntrica" pode ser diluída por completo. As teclas tanto podem accionar uma nota, um timbre, uma dinâmica, uma associação de variáveis sonoras, sendo difícil circunscrever limites.

A ideia de complementaridade pode ser vista, também, sob outro aspecto: o seu valor instrumental acrescentado. Isto significa que a complementaridade pode ultrapassar o simples acrescento de *algo com algo*: pode ser a formação de um *novo algo*. Mesmo abstraindo o contexto electrónico, veja-se o caso da evolução do piano.

São diversas as inovações que o pianoforte apresenta em relação aos seus antecessores de cordas. Em termos sonoros, sobressaem dois aspectos: (1) a capacidade

[593] Como parâmetros configuráveis de forma independente.

de executar diferentes dinâmicas; (2) e mais tarde, a capacidade de sustentar o som através do pedal.

Foi aliás o primeiro aspecto que deu nome ao antecessor do piano moderno: o pianoforte. Mas, o segundo aspecto – capacidade de sustentação do som sem necessidade de ter a tecla premida[594] –, acaba por ter uma importância que convém analisar.

O pedal de sustentação influencia profundamente a escrita para estes instrumentos: a sustentação das notas graves, a construção e sobreposição de harmonias, bem como libertação do tampo harmónico e respectivas ressonâncias. Se na altura do pianoforte, este tipo de sustentação sonora poderia ser considerado um mero efeito acústico[595], a partir do séc. XIX – com o período romântico e a uniformização do piano –, a escrita musical passou a considerar este recurso como implícito na textura harmónica.



Figura 109. (1) Piano fabricado por Sebastien Erard com 5 pedais[596] e (2) piano de pedaleira[597].

Na figura (1) os pedais destinam-se a accionar timbres diferentes (pedais 1, 2, 5) e suster notas (pedal 3 para graves e pedal 4 para agudos). Na figura (2) a pedaleira está acoplada aos graves do piano, proporcionando duas possibilidades para accionar a mesma nota.

[594] A sustentação foi trabalhada por Gottfried Silbermann na Alemanha, aproximadamente na altura da morte de Bartolomeo Cristofori (1731), incorporando alavancas para levantar os abafadores dos graves e agudos (em separado), elementos entretanto incorporados nos pianos modernos (Campbell, Greated, & Myers, 2004, p. 357).

[595] Dependendo, logicamente, do estilo da composição e do entendimento interpretativo.

[596] https://squarepianos.com/erard.html

[597] https://en.wikipedia.org/wiki/Pedal_piano#/media/File:Pedal_Piano_3.JPG

Voltando ao conceito de complemento – e correndo o risco de uma visão parcial -, poderá ser considerado complementar tudo aquilo que é externo ao teclado em si – a superfície de aquisição gestual –, em que a sua não manipulação não impeça a selecção de alturas discretas. Assim sendo – e em relação aos teclados dos instrumentos -, registos, pedais de timbre (Figura 109), pedal *una corda*[598] e pedal *sostenuto*[599], podem ser incluídos neste âmbito.

3.2.6. Novos paradigmas expressivos

Tudo o que foi dito em relação aos recursos complementares em contexto acústico pode, em teoria, ser aplicado aos instrumentos electrónicos. Exceptuando o modo de produção sonora, tudo o resto pode incluído e acrescentado.

É certo que alguns conceitos associados aos teclados electrónicos já foram utilizados em teclados acústicos, como o *after-touch* em relação ao clavicórdio. Mas neste caso, enquanto que no instrumento acústico os parâmetros sonoros estão circunscritos à idiossincrasia da mecânica e das propriedades acústicas, no caso dos instrumentos electrónicos outros parâmetros podem ser associados.

No caso das configurações estáticas dos instrumentos electrónicos, ou seja, tudo aquilo que é programado e alterado de forma independente da performance – à imagem da consola do órgão de tubos –, os limites são difíceis de definir: a própria modularidade e capacidade de intercomunicação de muitos instrumentos permitem associações ilimitadas. Por isso, para definir novas possibilidades expressivas – dentro do conceito performativo desta investigação – é necessário definir critérios que circunscrevam o conceito operativo de auxiliares de performance.

Neste caso, a proposta vai no sentido de incluir todos os recursos que manipulem a intensidade e/ou altura em tempo-real. O timbre, sempre que seja considerado pertinente, é também incluído nesta equação. Contudo, devido (1) à primazia dada à

---

[598] Nos pianos de cauda modernos este pedal desloca o mecanismo ligeiramente para a direita, de forma que os martelos percutam lateralmente as cordas dos graves, apenas uma corda no caso dos médios (em vez de duas cordas) e apenas duas cordas nos agudos (em vez de três cordas) (Ripin & Rowland, 2001). Através deste pedal o timbre e a intensidade são ligeiramente alterados. No caso dos pianos verticais, o conceito foi adaptado com uma técnica diferente: o alinhamento dos martelos posiciona-se mais perto das cordas, diminuindo o curso dos mesmos, chamando-se, em francês, "pédale douce" (J.-P. Williams, 2003, p. 44).

[599] Nos pianos de cauda destina-se a manter soltos os abafadores das teclas premidas em simultâneo com este pedal. Assim, todas as restantes teclas são tocadas sem sustentação, enquanto as cordas (teclas) afectadas pelo *sostenuto* ficam soltas até o pedal ser libertado.

altura-intensidade, (2) à dificuldade de circunscrever o conceito de timbre[600] e (3) por ser um parâmetro dependente da própria altura e intensidade, nem sempre vai ser abordado como principal factor. Acresce ainda que, em muitos dos instrumentos digitais, tudo aquilo que é mapeado em relação à altura-intensidade pode ser alterado para outro parâmetro qualquer, pelo que a modulação de uma variável pode ser transposto para outra.

Fazendo uma súmula de auxiliares de aquisição gestual – deixando de lado o seu resultado sonoro –, podem associar-se ao teclado variadas tecnologias: diversos tipos de pedais[601] (tipo piano, pedais de bombear, alavancas de joelhos), o *pitch-bend*, a roda de modulação (*modulation wheel*), o *ribbon*, sensores de luz (LDR), sensores de proximidade (reastreando os dedos (Mcpherson, 2013) ou outras partes do corpo), sensores de movimento aplicados a diversas parte do corpo (ex.: a cabeça (Nicolls, 2009, p. 204)), biosensores (Nicolls, 2009, pp. 204–205), o *O-bow*[602], *joysticks* para diversas funções, diversos tipos de potenciómetros e membranas tácteis. Todos estes recursos são de utilização descentralizada, ou seja, a seu manuseamento é feito fora da própria tecla.

A própria a tecla pode incluir recursos centralizados, ou seja, feitos em si mesma: o *after-touch* (monofónico ou polifónico), deslocação lateral da tecla (*wiggle*), deslocação frontal da tecla, bem como o rastreamento posicional do dedo na tecla. Adicionalmente, luvas e outros sensores vestíveis podem ser utilizados na aquisição de pressão, movimento, flexão corporal[603] e localização no espaço; assim como giroscópios integrados em manuais portáteis podem adquirir diversos movimentos rotacionais do próprio dispositivo.

A visão computacional e a realidade aumentada são também aspectos a ter em consideração. A máquina digital pode adquirir informação visual simbólica, acumulando instruções discretas à modulação gestual. A realidade aumentada pode providenciar informação adicional ou, inclusivamente, uma imersão num ambiente virtual. O próprio ecrã tanto pode ser utilizado como uma dispositivo complementar como ele próprio a representar a superfície de aquisição gestual e, consequentemente, as próprias teclas.

---

[600] O timbre associado a um instrumento pode, na verdade, ser constituído por vários timbres (timbre da guitarra dedilhada com a polpa dos dedos, timbre da guitarra dedilhada com as unhas ou timbre da guitarra com a excitação mais ou menos afastada das fixações da corda).

[601] Wierenga (2012) faz uma súmula de diversos tipos de pedais, aos quais acrescenta ainda sensores normalmente associados a sopros, guitarras e à consola *Wii Remote*.

[602] http://www.tech.dmu.ac.uk/~dylan/z/dylan/project/obow/

[603] Como o goniómetro nos cotovelos (Hadjakos, Aitenbichler, & Mühlhäuser, 2008).

E por fim – e dentro do conceito proposto por esta investigação –, tacto multidimensional e configuração visual flexível pode contribuir para novos recursos expressivos. O conceito de aquisição *cmXYZ* numa superfície visualmente configurável; a discrição e referenciação visual *ad hoc* com uma sensibilidade táctil inspirada no próprio ser humano.

3.3. REPRESENTAÇÃO ESCALAR DOS TECLADOS PADRÃO

O presente subcapítulo serve para contextualizar a lógica da divisão escalar presente nos teclados cromáticos de tradição ocidental. De modo a delimitar o âmbito conceptual, o modelo de teclado base é o que se encontra plasmado num instrumento de teclas como o piano moderno (Figura 110). É esta a base que servirá de referência para o teclado padrão – seja na extensão total ou parcial. Na verdade, o sistema apenas contempla 12 notas diferentes em cada oitava, sendo as restantes a repetição parcial ou completa da mesma lógica em tessituras diferentes.

O teclado padrão de um piano moderno é constituído por 88 teclas, 52 teclas brancas (notas diatónicas) e 36 teclas pretas (notas alteradas), correspondentes a uma extensão de 7 oitavas e uma 3ª menor. Na figura em análise, as oitavas da nota *dó* encontram-se representadas cinza, apenas por uma questão de melhor localização das mesmas. Para esta investigação, a partir deste momento, o teclado padrão será baseado no teclado de padrão piano, podendo apenas exibida apenas uma parte da sua extensão (1 ou 2 oitavas), apresentar diversas escalas de tamanho e proporções geométricas, de acordo com o contexto de análise.

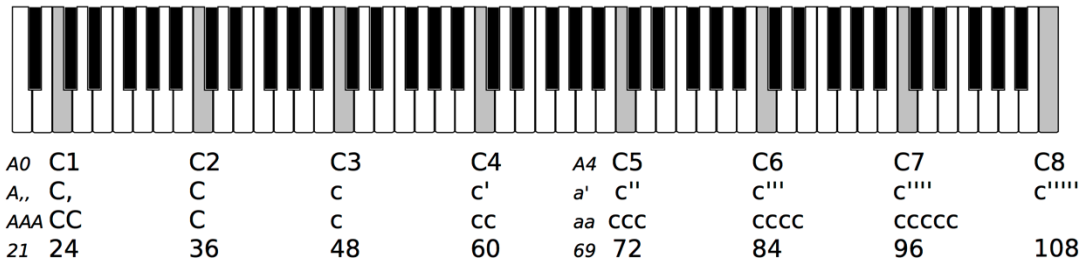


Figura 110. Teclado padrão de 88 teclas.

Legenda: notação científica de altura (A0-C8); notação de Helmholtz (A'' - c''''); notação inglesa (AAA – cccc [C7][604]); notação MIDI (21-108).

O fabricante de pianos *Bösendorfer* apresenta dois modelos excepcionais em termos de extensão de teclado: o modelo *Concert Grand 290 Imperial*[605] apresenta 97 teclas, correspondentes 8 oitavas completas; e o modelo *Grand Piano 225*[606] apresenta

[604] Notação histórica associada a órgãos de tubos. Caso fosse aplicada, a nota C8 da notação científica corresponderia, pela lógica, à nota ccccc.

[605] https://www.boesendorfer.com/en/pianos/pianos/Concert-Grand-290-Imperial

[606] https://www.boesendorfer.com/en/pianos/pianos/grand-piano-225

92 teclas, correspondentes a 7 oitavas e uma 5ª perfeita. Em ambos os casos, as extensões são feitas nos graves. Ainda maiores são os pianos da firma *Stuart & Sons*[607] com modelos de 97 teclas (8 oitavas), 102 teclas (8 oitavas e uma 4ª perfeita) e 108 teclas (9 oitavas). Este último modelo tem o seu lançamento previsto para meados de 2018[608].

De notar que a cor do teclado é uma convenção, ou seja, há exemplos de teclado com as cores invertidas. Em muitos instrumentos históricos, a cor mais escura é atribuída às notas naturais (como o cravo da Figura 87, p. 220). Nos modelos *Bösendorfer* atrás referidos, as teclas suplementares são todas de tonalidade preta, sejam diatónicas ou alteradas; no modelos *Stuart & Sons,* a cor destas teclas mantêm-se dentro da alternância padrão.

3.3.1. Dimensões do teclado padrão

Para esta investigação a principal medida física a ter em consideração é a largura do teclado padrão, ou seja, a dimensão do eixo X, tal como está referenciado na Figura 111. A largura do teclado é, efectivamente, um eixo cuja dimensão é cumulativa, ou seja, qualquer pequena variação é multiplicada pelo número de teclas diatónicas do teclado. Esse facto não é despiciente: tendo em conta apenas as teclas brancas, qualquer variação a nível de largura individual de cada tecla tem de ser multiplicada pelo número de teclas em questão.

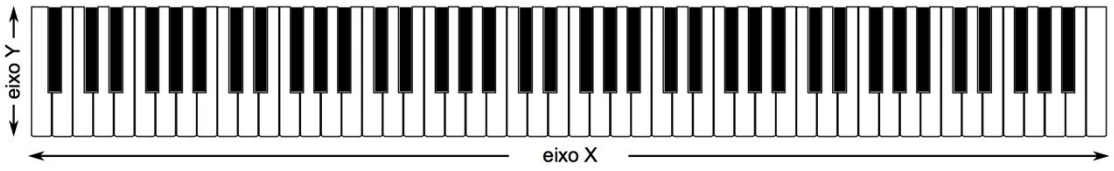


Figura 111. Eixos X e Y do teclado padrão.

A largura da oitava num teclado padrão de piano situa-se em média nos 165mm por oitava, o que perfaz aproximadamente 1225mm na sua extensão de 88 teclas. Considera-se neste caso a oitava como a extensão que ocupam 7 notas diatónicas (teclas brancas). No caso de ser considerado o final da nota de oitava (*inclusive*), essa distância situa-se nos 188mm (Figura 112). De notar que em ambos os casos os extremos das setas não incluem os espaçamentos exteriores das teclas extremas.

[607] http://www.stuartandsons.com/

[608] http://www.stuartandsons.com/events.html

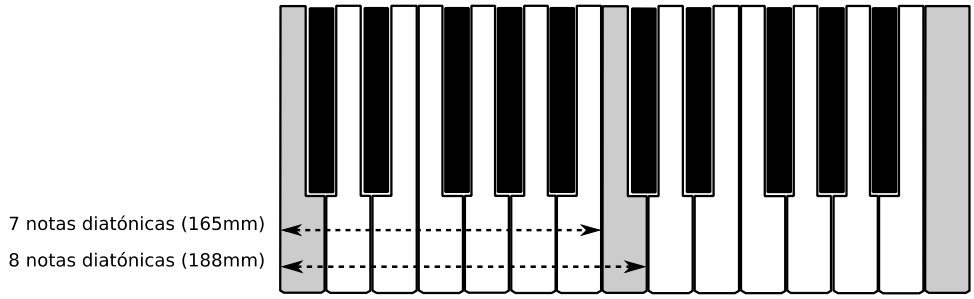


Figura 112. Medição da oitava *inclusive* e *exclusive*[609].

O fabricante de pianos *Steinbuhler & Company* providencia vários tamanhos de teclado, com três medidas de oitava inferiores à do teclado padrão: os modelos DS15, DS14 e DS13 (Quadro 7).

Nomenclatura	Descrição	Tamanho da Oitava (cm)	Largura Total para 88 Teclas (cm/polegadas)
DS16™	Teclado Convencional*	16,5 ± 0,1 cm	122,56 cm (48.25")
DS15™	Teclado Universal	15,2 ± 0,1 cm	113,11 cm (44.53")
DS14™	Teclado 7/8	14.1 ± 0,1 cm	104,39 cm (41.10")
DS13™	Teclado de Criança	13.0 ± 0,1 cm	96,37 cm (37.94")

The DS Standard™ // The Donison-Steinbuhler Standard

* Padrão

Quadro 7. Dimensões dos teclados de piano *Steinbuhler*[610]

3.3.2. Divisão escalar padrão

O sistema harmónico ocidental divide a oitava em 12 partes, sendo 1/12 de oitava o seu menor intervalo discreto. A escala cromática contempla estas 12 divisões, podendo ser entendida, em termos gerais[611], como a escala que compreende todas as possibilidades intervalares do sistema ocidental tonal.

Pegando na escala diatónica de *dó maior*, os seus graus são constituídos por tons e 1/2 tons, sendo estes últimos correspondentes à menor divisão discreta anteriormente

[609] http://www.steinbuhler.com/html/our_research.html

[610] *Idem*.

[611] A construção da escala cromática, apesar de apenas conter 1/2 tons, deve ser feita de acordo com uma determinada tonalidade base. Neste subcapítulo é utilizada a escala de *dó maior* como referência (estando a sua relativa de lá menor implícita, uma vez que a armação de clave é igual). Contudo a construção pode ser baseada nas restantes 11 tonalidades maiores e respectivas relativas menores.

enunciada. Analisando a Figura 113 é possível aferir o distanciamento intervalar desta escala e respectiva correspondência no teclado padrão.

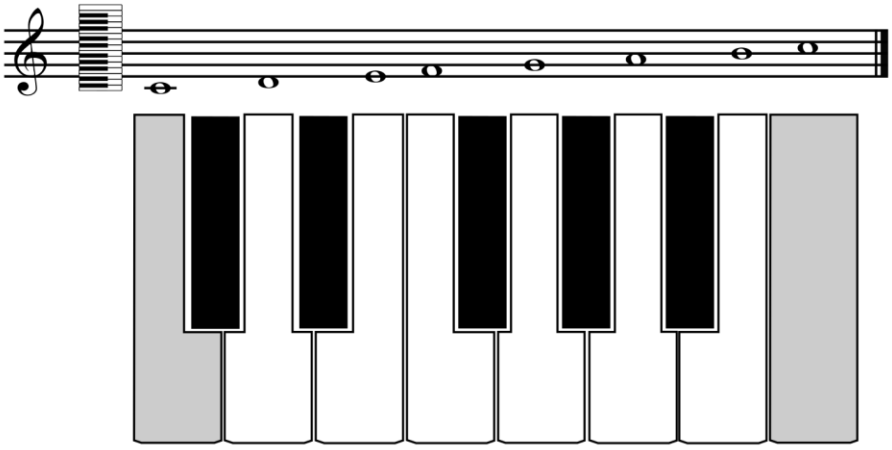


Figura 113. Escala diatónica de Dó maior.

De modo a visualizar melhor a posição das notas no teclado e na pauta, a Figura 114 apresenta uma deformação do pentagrama e do teclado padrão. De notar que as notas diatónicas de *dó maior* – correspondentes às teclas brancas –, preenchem todas as linhas e espaços da pauta[612]. As notas alteradas, correspondentes às teclas pretas, só encaixam no pentagrama através de notas alteradas, como as presentes na escala cromática.

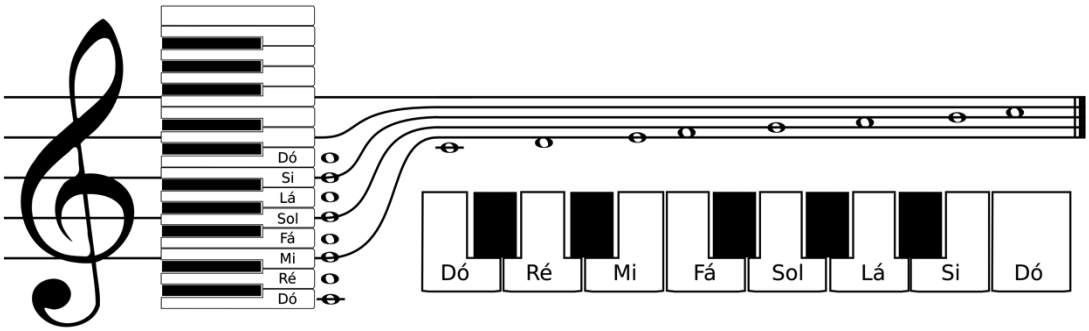


Figura 114. Posicionamento das teclas brancas.

De notar que, no exemplo anterior, a disposição horizontal no pentagrama é análoga à distância do intervalo (Figura 114), sendo feita apenas por explicação visual, dada a ênfase do assunto tratado. Em termos de escrita teórica, e quando necessário, os 1/2 tons assinalam-se com ligaduras, tal como está exposto na Figura 115.

[612] Na Figura 114 apenas se encontra representada uma oitava. Mas seria uma questão de continuar a sequência.
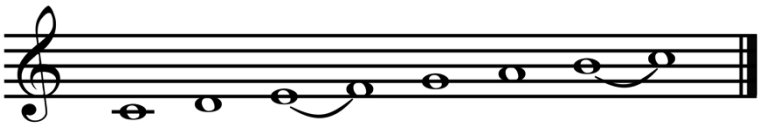


Figura 115. Escala diatónica de *dó maior*: distribuição visual homogénea e sinalização dos ½ tons.

No sistema tonal, a escala cromática apresenta notas alteradas em relação às notas base da escala diatónica, seja para efeitos de reforço de grau, modulação ou dissonância. Essa lógica funcional faz com que a sua forma ascendente seja diferente da sua forma descendente (Figura 116). Na sua versão ascendente, e tomando como base a escala de dó maior, estão contemplados os *sustenidos* (representados pelo símbolo "#") que fazem parte de uma sensível para um determinado grau ou tonalidade: dó#-ré, ré#-mi, fá#-sol, sol#-lá, lá#-si. As tonalidades maiores de *ré*, *mi*, *sol*, *lá* e *si* são as tonalidades ascendentes mais próximas da tonalidade de *dó maior*. A verdadeira ordem de proximidade em relação a *dó maior* é a seguinte: *sol maior* (armação de clave com fá#), *ré maior* (armação de clave com fá# e dó#), *lá maior* (armação de clave com fá#, dó# e sol#), *mi maior* (armação de clave com fá#, dó#, sol# e ré#) e *si maior* (armação de clave com fá#, dó#, sol#, ré# e lá#). De notar que o último sustenido da armação de clave corresponde à sensível da tonalidade onde é aplicada.

Na sua versão descendente estão contemplados os *bemóis* (representados com o símbolo "b") que fazem parte da sétima nota da dominante de um determinado grau ou tonalidade: sib-lá, láb-sol, solb-fá, mib-ré e réb-dó. De notar que a resolução da sétima nota da dominante vai recair no terceiro grau da escala maior (a uma distância de 3ª maior da tónica). Assim sendo, tendo como base a escala de *dó maior*, a resolução do 1/2 tom descendente vai calhar nas seguintes tonalidades: *fá maior* (sib-lá), *mib maior* (láb-sol), *réb maior* (solb-fá), *sib maior* (mib-ré) e *láb maior* (réb-dó). A verdadeira ordem de proximidade em relação a *dó maior* é a seguintes: *fá maior* (armação de clave com sib), *sib maior* (armação de clave com sib e mib), *mib maior* (armação de clave com sib, mib e láb), *láb maior* (armação de clave com sib, mib, láb e réb) e *réb maior* (armação de clave com sib, mib, láb, réb e solb).

Nota: A explicação feita com base na escala de dó maior serve para relacionar aspectos visuais e teóricos para o leitor menos habituado à teoria musical. A construção das restantes 11 escalas cromáticas segue a lógica atrás exposta, transpondo-a para cada tonalidade e respectiva armação de clave. Este processo implica o conhecimento teórico da construção de escalas maiores e menores.
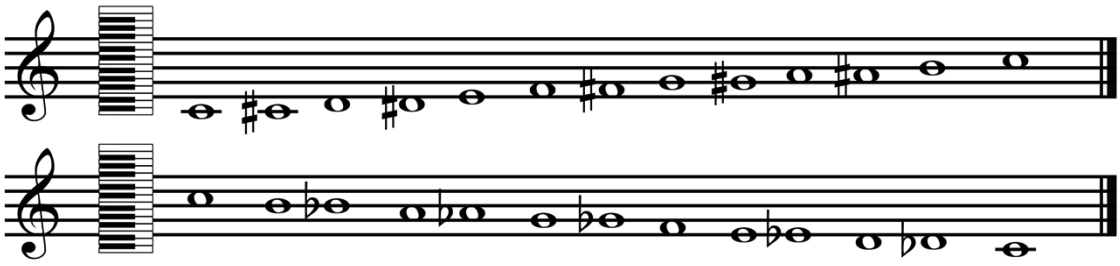


Figura 116. Escala cromática ascendente e descendente.

De modo a melhor perceber a correspondência das notas alteradas, a Figura 117 mostra como seria a versão ascendente enarmónica utilizando bemóis (b), comparando-a com a versão real ascendente com sustenidos (#)[613].
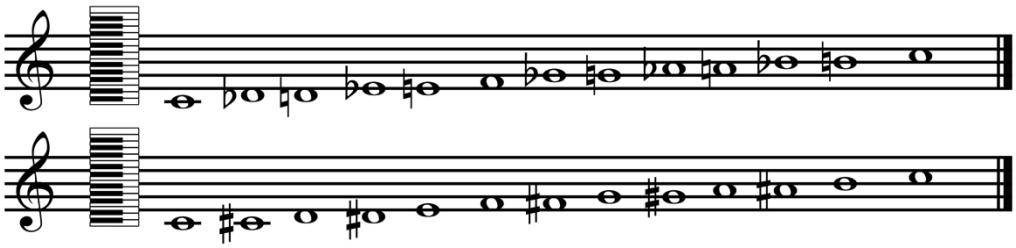


Figura 117. Escala cromática: sequências ascendentes com sustenidos (#) e bemóis (b).

De notar que a cada alteração de sustenido (#) corresponde uma alteração de bemol (b), correspondente à mesma altura no sistema de afinação temperado. Assim sendo, apesar de musicalmente serem notas diferentes – neste caso com diferentes funções no sistema harmónico tonal –, acabam por equivaler à mesma altura[614], correspondendo, por isso, ao mesmo posicionamento no teclado. Dito de outra maneira, são as mesmas notas por enarmonia (Figura 118). Simplificando a linguagem, poder-se-á afirmar que um dó# é um dó "alterado para cima" e um réb é um ré "alterado para baixo", ou seja, um dó# fica entre um dó e um ré, da mesma maneira que um réb fica entre um ré e um dó.

[613] O mesmo exercício poderia ser feito com a versão descendente com sustenidos (#)

[614] No sistema de afinação temperada.

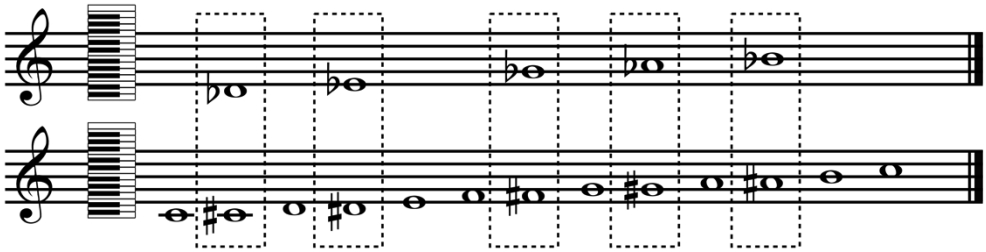


Figura 118. Alterações enarmónicas.

Em termos práticos o posicionamento das notas alteradas (#/b) no teclado é sobreposto às restantes, partido da lógica anteriormente explicada (Figura 119).

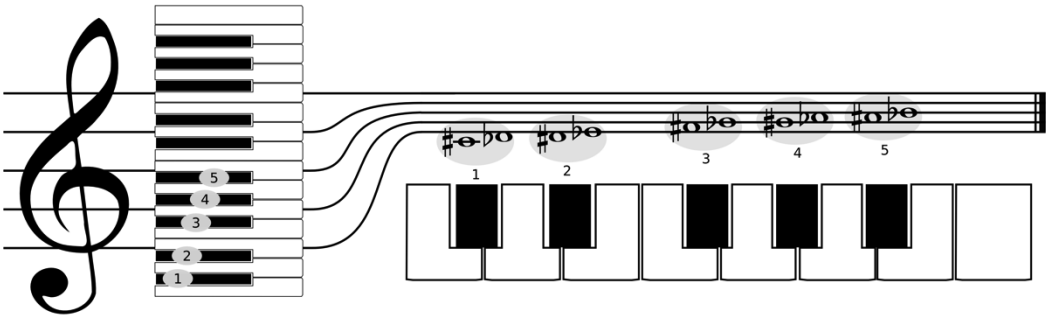


Figura 119. Posicionamento teclas pretas.

Fazendo o desdobramento das enarmonias, e mantendo a lógica da distribuição visual, a Figura 120 mostra a correspondência espacial entre o teclado e a notação cromática.

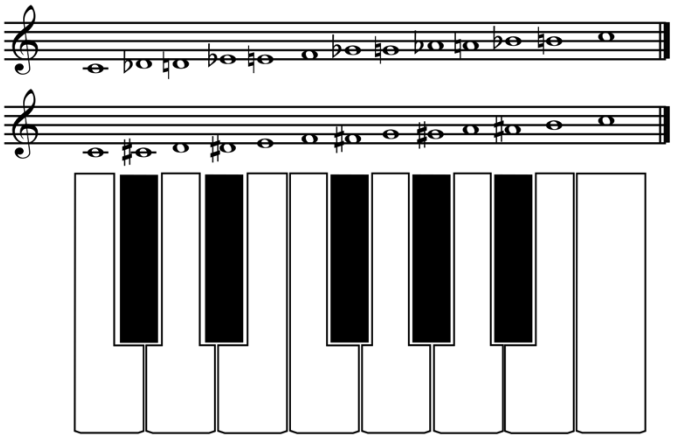


Figura 120. Correspondência visual da divisão cromática com o limite norte do teclado padrão.

Um último aspecto a reflectir é a adaptação visual do teclado padrão físico (3 dimensões) para uma realidade bidimensional, como é o caso da representação visual por ecrã. Esta adaptação pode ser feita de duas maneiras: (1) mantendo o aspecto do

teclado padrão (vista aérea do mesmo); (2) ou adaptando a forma das teclas, para tirar partido desta realidade.

Seguindo esta última via, quando se fala em adaptação pode-se, para além de eliminar o relevo, alterar a forma e o tipo de encaixe da disposição visual, procedendo à homogeneização segmentária da largura e comprimento (Figura 121). Este procedimento não é forçoso, mas é utilizado no *Continnum Fingerboard*, podendo deste modo tirar vantagem da modulação *cmXYZ* segundo a lógica explicada na subsecção "3.1.4.2 - Apreciação dos dispositivos 3D" (p. 204). É esse, aliás, o ponto de partida para a implementação instrumental desta investigação, embora mais tarde sejam apresentadas soluções.

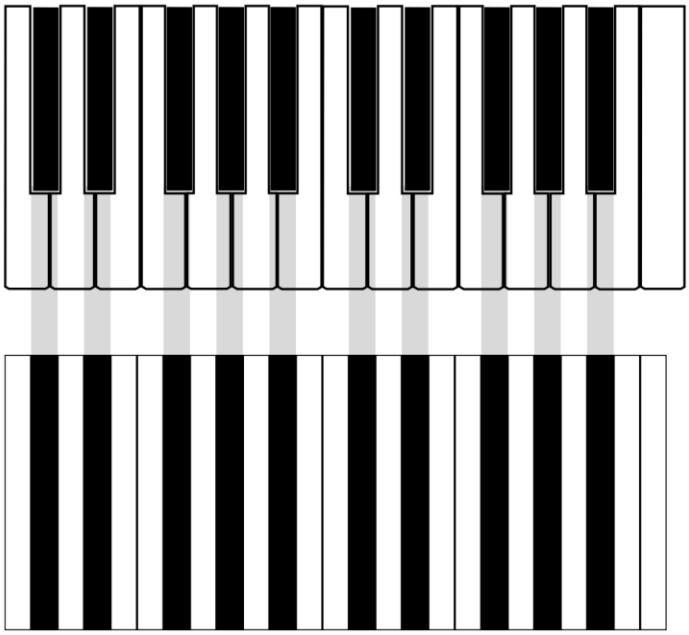


Figura 121. Conversão de teclas 3D em segmentos 2D

Por último, a eliminação do relevo em teclados físicos apresenta várias soluções de homogeneização de áreas de teclas, desde a supressão da segmentação de teclas, como o *Continuum Fingerboard*; até à manutenção de pelas móveis, como o *Soundplane*; passando pelo meio termo, como o *LinnStrument*, com sulcos não completamente não segmentado. De notar que nos dois últimos exemplos, a disposição visual é quadrangular, conceptualmente baseada no braço da guitarra e já bastante longe do teclado padrão.

Capítulo 4 - Problemática e Metodologia

Neste capítulo vai ser descrita a problemática, formulada a hipótese, delimitada a implementação instrumental, quais as opções conceptuais da implementação, quais os pressupostos musicais implícitos e a justificação performativa do conceito instrumental.

4.1. DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

É possível modular através de um teclado, com um controlador *midi* avançado, o som de instrumentos acústicos contínuos – como o violino ou o trombone –, com resultados bastante convincentes, tal como foi apresentado no subcapítulo "1.1 - Contexto e Motivação" e na Figura 1, Vídeo Anexo 1, Vídeo Anexo 2, Vídeo Anexo 3. Mas existem domínios onde o teclado, devido à sua idiossincrasia física, apresenta limites instrumentais. A sua concepção para a execução de elementos discretos restringe alguns aspectos performativos. A mecânica do teclado convencional permite atacar uma nota com elevada precisão, mas gera impossibilidades na escolha flexível da altura do som, excepto com ferramentas adicionais, como o *pitch bend*, a *modulation wheel* ou os pedais de expressão, que implicam uma técnica específica[615].

Ainda que o controlo performativo da altura de um som após o ataque da nota não seja um obstáculo teclistas especializados, existem outros limites insolúveis:

1) *Continuum* sonoro. Bastante limitado ou de difícil manipulação, só possível com o recurso a mecanismos auxiliares (*modulation wheel* para intervalos pequenos ou um *ribbon* para intervalos maiores*)*.

2) Divisão fixa da oitava em 12 teclas convencionais. No caso da divisão da oitava maior ou menor de 12 partes, deixa de haver correspondência entre o

[615] Na verdade o som da emulação de um instrumento acústico pode ser constituído por várias colecções de sons, sendo a respectiva conjugação uma tarefa grande perícia técnica, instrumental e musical com vista à obtenção de uma execução realista.

resultado sonoro e a visualização proporcionada pela imutabilidade física do teclado.

3) Afinações mutáveis. As afinações mutáveis requerem programação estática, pouco compatível com *performance* em tempo-real.

4) Alteração contínua do timbre. A alteração clara do timbre de um som não é feita através da tecla, mas com recursos auxiliares. O *after-touch* permite tal operação dentro de certos limites, mas não permite endereçar vários timbres ou suaves mutações de forma contínua e intuitiva.

5) Coerência técnica instrumental. O teclista, ao utilizar uma das mãos para controlar os aspectos atrás descritos, abdica de agilidade performativa, sobretudo a nível harmónico, uma das mais valias da utilização de um teclado instrumental. Por outro lado a adaptação do teclista a mecanismos externos ao teclado, torna a sua utilização demasiado específica para muitos deles.

4.2. FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Relembrando a hipótese apresentada no início da tese:

> A conjunção de representação visual flexível de elementos discretos com capacidade táctil de elementos contínuos gera novas possibilidades de performance instrumental a nível de conjunção de elementos discretos e contínuos.

Esta investigação defende a construção um protótipo instrumental que minimize a problemática atrás descrita, nomeadamente através do desenvolvimento e integração dos seguintes conceitos:

- **Representação visual flexível e configurável**
- **Pressão táctil contínua associada a aspectos sonoros contínuos**

Assim sendo, no contexto deste projecto de investigação, pretende-se desenvolver um novo dispositivo instrumental, visualmente inspirado no teclado com aspectos de instrumentos contínuos, que permita a execução dos seguintes elementos:

1) *Continuum* sonoro. Gerado apenas com a deslocação dos dedos na superfície de contacto.

2) Divisão discreta da oitava diferente das 12 teclas convencionais. Criar múltiplas configurações visualmente discretas de teclado, de acordo com as necessidades do utilizador.

3) Afinações mutáveis e livre escolha da altura dos sons. Permitir, dentro da área dos elementos discretos (nota), pequenas variações da altura do som, vários tipos de afinações simultâneas e permitir a escolha de uma altura específica.

4) Alteração intuitiva do timbre. Parametrizar um eixo na superfície de contacto dedicado a manipular o timbre de forma lógica e intuitiva.

5) Coerência técnica instrumental. Manter a lógica cartesiana da disposição do teclado, de modo a permitir a execução deste interface por um teclista habituado ao teclado padrão.

Em suma, criar uma superfície com representação luminosa (tipo ecrã) com alta capacidade de captura de pressão, tal como foi apresentado no "Capítulo 1 - Introdução".

4.3. DELIMITAÇÃO INSTRUMENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO

Este subcapítulo destina-se a delinear os pressupostos e opções conceptuais que estão na base da implementação instrumental desta investigação.

4.3.1. Linha de pensamento conceptual

> Musical interface construction proceeds as more art than science, and possibly is the only way that it can be done[616] (Cook, 2001, p. 4).

A citação anterior revela – de forma sintética – uma linha de pensamento na qual a tecnologia da arte encontra grande parte da sua essência. Porque se a ciência evolui, procurando eficiência e vantagem tecnológica; a arte transforma-se, procurando novas expressões. Nesse aspecto, a arte não se torna obsoleta, apenas procura novos caminhos.

Assim sendo, na implementação instrumental desta investigação – e numa primeira análise –, cabe à arte dar sentido à ciência, procurando também caminhos

[616] "A construção de uma interface musical processa-se mais como arte do que como ciência, e possivelmente é o única maneira que pode ser feita" (Cook, 2001, p. 4).

alternativos de expressão; e cabe à ciência criar método, desenvolver tecnologia, reflectir e justificar, sempre que possível, o caminho assumido e as escolhas realizadas. Nem sempre estes papéis são tão definíveis, podendo parecer caricaturais. Mas de facto, como se verá no "Capítulo 8 - Aplicações Complementares", o desenvolvimento tecnológico proporciona meios que, caso haja necessidade ou oportunidade, serão rapidamente utilizados para a expressão artística.

4.3.2. Compromisso instrumental

No mundo das coisas físicas, a matéria, a sua construção e respectiva utilização dialogam entre si. Existe um compromisso entre possibilidades e restrições. É na mediação destes aspectos – e tendo em conta os resultados obtidos –, que surgirá a coerência desejada.

Nos instrumentos musicais, mesmo sendo dispositivos em que o resultado artístico escapa a uma quantificação objectiva, existem – contudo – compromissos instrumentais bem pragmáticos. Se é a prática musical que determina o contexto de cada instrumento, há que reconhecer que cada um tem as suas características idiossincráticas, possíveis vantagens e desvantagens, bem como portadores de possibilidade e impossibilidades e instrumentais. Segundo Jordà "cada instrumento ou família de instrumentos favorece alguma dessas possibilidades [do que podem fazer] sobre outras" (Jordà, 2004c, p. 323).

O compromisso instrumental não se restringe apenas às possibilidades sonoras, mas também ao tipo de acção gestual capturada. E neste domínio em específico, há algo fundamental: se a flexibilidade visual a superfície gestual abre novas possibilidades, também abdica de outras. E neste caso, a implementação desta investigação é clara: não se pode esperar de algo fixo o mesmo retorno de algo móvel;

Mas a arte, e neste caso os instrumentos musicais, vai ainda mais longe: para além da negociação com a matéria, a arte também pode aproveitar defeitos, limitações, idiossincrasias, imprevistos, significados e contextos. Por isso, a coerência instrumental, se bem que assente em compromissos, só pode ser aferida pelo sua efectiva utilização musical.

4.3.3. Inovação e tradição

As questões da inovação, experimentação e ruptura poderão ser tão antigas como as questões da conservação, continuidade e tradição. Aliás, de acordo com o contexto, podem ser interpretadas e assumir diferentes conotações.

Como já foi referido, o conceito de tradicional pode ter diferentes significados; e nem tudo o que é novo, implica que o seja na sua totalidade. O tradicional tanto pode

ser aplicado aos materiais, atitudes e práticas. Assim como aquilo que é novo. O *theremin* foi uma grande novidade instrumental com utilização musical bastante conservadora. O *piano preparado* de Cage foi uma novidade estética e uma descoberta de como "velhos" materiais tecnológicos poderiam ser dispostos e utilizados de outra maneira. Assim como o gira-discos, que assumiu um estatuto instrumental muito depois da sua concepção técnica.

Existe, também, a necessidade de enquadrar o grau de novidade dentro de uma determinada tradição. Um exemplo deste facto pode encontrado nas diversas tendências do mesmo movimento artístico. Wagner e Liszt advogavam a expressão musical através da liberdade formal, criando, inclusivamente, formas como o poema sinfónico (música programática) e o drama musical (ópera de Wagner). Pelo contrário, Brahms defendia a tradição e a expressão musical absoluta, sendo um paladino das formas clássicas (forma sonata, estruturação clássica de andamentos). Mas, à distância de mais de um século – e generalizando – são tendências do movimento romântico do séc. XIX.

Outro facto singular é que a questão da inovação-tradição poder ser avaliada de acordo com diferentes critérios. O dodecafonismo introduziu um conceito de harmonia particular, mas a estética baseia-se num prolongamento do romantismo germânico tardio. A novidade do *rock & roll* não pode ser avaliada com os mesmos critérios que o *serialismo* pós-guerra.

Mas nem todas as novidades são tão relativizáveis, existindo na história das artes grandes rupturas com o passado. O movimento Futurista, a *Musique Concrète* e a *Elektronische Musik,* foram *novos-novos*, ou seja, novos meios, novas atitudes e novas práticas. Talvez a sua difusão diminuta seja consequência da múltipla novidade. Mas a sua importância ecoa ainda hoje e foi assimilada e transformada de várias maneiras.

Surge então o eterno lamento no seio das artes e – mais especificamente – na música contemporânea vanguardista. Por um lado, a inovação tecnológica é uma constante que, aparentemente não cessa de incrementar: novos dispositivos, novas maneiras de partilha musical, novas capacidades técnicas. Os lamentos surgem de vários lados: as inovações não chegam a estabilizar, a prática musical continua arreigada ao passado ou é incompreendida pela esmagadora maioria das pessoas. Por outro lado a tradição carrega aspectos intemporais: a música, para além de expressão artística, é também outras coisas – divertimento, socialização, suporte de expressão e comunicação, entre outros aspectos.

É neste complexo panorama que os novos instrumentos musicais se movem. Nesse contexto entre tradição e inovação, por fim, esta investigação considera-se neutra. Se por um lado existem aspectos interligados com práticas ortodoxas, como o conceito de teclado e a utilização de determinadas escalas; por outro lado a sua utilização é feita por motivos de clareza conceptual, utilizando parâmetros e situações convencionais.

Sobre os vídeos anexos demonstrativos, a escolha de aspectos musicalmente limitados prende-se com a necessidade causa-efeito transparente, podendo alguns deles apresentar uma estética enfadonha, mas necessária para expor clara e sequencialmente as variáveis manipuladas[617]. Nesse aspecto, preferiu-se estender a aplicabilidade do conceito *cmXYZ* a outro tipo de aplicações (imagem fixa, imagem vídeo e reprodução áudio) do que perder o nexo entre acção e resultado. É uma opção artisticamente discutível, mas cientificamente aceitável.

4.3.4. Limitações físicas

Os instrumentos digitais – nomeadamente quando baseado em dispositivos com ecrã -, perdem a sua "encarnação"[618] e relação de proximidade física (Magnusson, 2006). Sobre esse facto, também se pode contrapor que tal perda também é agraciada com outras contrapartidas. Mas também é um facto inegável que os dispositivos com aquisição gestual especializados não podem ser literalmente substituídas por outros mais genéricos. Sobre esta problemática, McPherson é bastante esclarecedor:

> There are many excellent reasons to use an iPad or other touch-screen device as a musical controller, among them flexibility, continuous gesture recognition, and direct relationship between image and touch input. However, no current touch-screen device can replace the tactile feedback of a traditional instrument. Tactile feedback is crucial in keyboard performance, since pianists generally play by feel rather than by sight.[619] (A. McPherson, 2012, p. 53)

Por isso, uma superfície física com peças móveis pode oferecer uma precisão mecânica que, para além do desempenho potencial, proporciona um retorno táctil apreciável: deslocamento, inércia, relevo e localização, vibração, e acabamento material são algumas aspectos de difícil comparação com o que pode oferecer um ecrã táctil dos dias de hoje.

---

[617] Não significa que o procedimento contrário proporcionasse resultados esteticamente entusiasmantes. Mas, precavendo situações dúbias, optou-se por exemplos simples e descomplexados.

[618] Traduzido livremente do inglês "embodiment".

[619] "Há muitos excelentes motivos para usar um *iPad* ou outro dispositivo com ecrã táctil como controlador musical, entre eles a flexibilidade, reconhecimento gestual contínuo, e uma relação directa entre imagem e *input* gestual. No entanto, nenhum dispositivo de ecrã táctil actual pode substituir o retorno táctil de um instrumento tradicional. O retorno táctil é crucial no desempenho do teclado, uma vez que os pianistas tocam mais por essa sensorialidade do que pela visão" " (A. McPherson, 2012, p. 53).

4.3.5. Tipo de controlo instrumental

Controlo a nível de nota

A implementação desta investigação preconiza um tipo de controlo a *nível de nota* ou *manipulação musical instrumental* – altura, intensidade e timbre –, manipulável em tempo-real (Gurevich & Treviño, 2007, p. 107), prevendo ainda a sua manipulação contínua.

Controlo multidimensional

Para além da clareza de parâmetros, interessa demonstrar o controlo multidimensional dos mesmos, permitindo a "variação de aspectos culturalmente aceites a nível de nota – por exemplo entoação, timbre velocidade e profundidade de *vibrato*, etc. – e atributos a nível de estrutura e frase – *rubato*, *crescendo*, etc." (Dobrian et al., 2006, p. 278).

Parâmetrização transparente

A variação multidimensional a nível de nota deve, para além do controlo subtil dos parâmetros abrangidos, transmitir a gestualidade e comunicação expressiva do instrumentista. Tal como foi referido, o resultado sonoro deve ser transparente em relação à acção exercida, seguindo o paradigma de "um gesto para um evento sonoro" (Wessel & Wright, 2001, 2002).

Controlo táctil centralizado

Tratando-se de uma implementação *cmXYZ* no âmbito dos dispositivos com capacidade 3D, implica que a sua manipulação realizável num único ponto ou encadeamento de pontos contíguos da superfície de aquisição gestual.

Mãos livres em objecto único não intrusivo

O controlo gestual está exclusivamente nas mãos, dispensando qualquer tipo de recursos adicionais na pele do executante (luvas, canetas, substâncias químicas), sejam eles tangíveis ou intangíveis, sendo a superfície de aquisição gestual única e não intrusiva no seu controlo gestual.

Desenho simples e intuitivo

Aproveitando a grande difusão da representação de teclado, deverá manter uma lógica de variação que seja simples e intuitiva, mesmo que permita obter resultados visuais bastante complexos. A sua configuração conciliar aspectos visuais discretos a nível de altura com a parametrização de aspectos contínuos a nível intensidade, timbre e micro-afinação.

4.4. OPÇÕES CONCEPTUAIS DE IMPLEMENTAÇÃO

Este subcapítulo analisa as principais opções conceptuais ocorridas na preparação da implementação instrumental. Como já foi dito, há sempre escolhas e compromissos a efectuar, capacidades e limitações de *hardware* e *software*.

Em termos gerais o grande desafio e preocupação foi o modo como a aquisição gestual seria implementada e a sua conjugação com os aspectos de flexibilidades visual. Esta preocupação encontra-se perfeitamente plasmada na seguinte afirmação:

> Indeed for the designer […], there are many challenges in trying to make the instrument seem natural and intuitive for a player. First of all there is the problem of knowing exactly what best to capture in the player's gesture[620] (Dobrian et al., 2006, p. 280).

Quão táctil deve ser um dispositivo instrumental? Que tipo de tactilidade deve ser privilegiada na concepção de um instrumento musical? Que tipos de opções devem ser tomadas nessa situação? São estas algumas das questões que surgiram e direccionaram uma série de opções doravante explanadas.

4.4.1. Pressão *versus* toque

O tacto humano resulta de uma complexa conjugação de factores intrínsecos e extrínsecos. Como factores intrínsecos podem ser considerados todos aqueles que dizem respeito ao próprio corpo humano: sensorialidade da pele, movimento gestual, deformação corporal, temperatura e humidade. Além disso, podem ser considerados aspectos psicofisiológicos como a intenção, a antecipação de condições e o reajustamento de acções.

Nos factores extrínsecos inclui-se o que se pretende tactear, sendo algo constituído por muitas variáveis: estado da matéria, tamanho, forma, mobilidade, peso, temperatura, rugosidade e elasticidade.

Logicamente, aquilo que se pretende implementar não abarca necessariamente todos os aspectos referidos, embora haja a necessidade de distinguir alguns aspectos tácteis. Aquilo se pretende implementar é, do ponto de vista do executante e em termos descritivos, a "acção [contínua] de pressionar", ou seja, o movimento temporalmente contínuo de exercer diferentes níveis de pressão. Este conceito difere do "evento de tocar", ou seja, exercer uma acção tangível temporalmente circunscrita[621].

---

[620] "Na verdade, para o designer [...], há muitos desafios na tentativa de fazer um instrumento visto como natural e intuitivo para o instrumentista. E primeiro que tudo, existe o problema de saber exactamente qual a melhor maneira de capturar os seus gestos" (Dobrian et al., 2006, p. 280).

[621] Percutida, batida, alvejada.

O parágrafo anterior espelha a subjectividade em definir um tipo de acção sobre algo porque, para além de aspectos intrínsecos, importa saber que tipo de aquisição gestual os aspectos extrínsecos podem obter. Sendo assim, importa fazer uma hierarquização de aquisição gestual:

Tocar > Sim-não > Valores - ponto temporal > Valores - contínuo temporal

Desde o início que foi salientado que a aquisição gestual deveria assentar num conceito táctil diferente duma relação binária "sim-não" ou, inclusivamente, vários valores num ponto temporal isolado. Assim sendo, qualquer ecrã com aquisição do eixo Z adstrito apenas a sim-não (*touch screen*) ou vários sim-não (*multi-touch screen*) não seriam, por si só, capazes satisfazer os requisitos globais da presente investigação.

A aquisição gestual de valores num contínuo temporal (pressão) permite, numa única acção complexa, aumentar extraordinariamente o nível de complexidade interactiva. Não que isso seja necessário para muitos tipos de acção (dactilografar, pregar, quebrar), mas o contínuo temporal é indispensável para a modulação de aspectos contínuos.

Sendo a mão a parte externa do corpo mais utilizada para tactear (especialmente os dedos), várias são as acções ocorrem devido a esta capacidade (já referidas na subsecção "2.1.4.2 - Ferramenta e função"). A complexidade sensorial é acompanhada com uma enorme complexidade motora, sobretudo a motricidade fina e os movimentos mais delicados e precisos. O acto físico de manuscrever, de tocar um instrumento musical, de manipular objectos; em suma, a filigrana de movimentos corporais que o ser humano utiliza com as mãos para interagir com o mundo são infinitamente mais sofisticadas que o conceito mais circunscrito de toque.

4.4.2. Tacto *versus* movimento

Porquê uma superfície tangível e não uma aquisição baseada no rastreamento do movimento, como por exemplo a visão computacional? Porquê uma superfície física em vez de uma superfície difusa, como o próprio ar? Tudo depende do que se pretende concretizar.

Os movimentos de grande amplitude, seguindo a metáfora instrumental do maestro, parecem ser adequados a aspectos de grande continuidade e modulação: andamento, intensidade e timbre.

Contudo, para lidar com aspectos mais discretos e precisos, uma superfície tangível oferece outro tipo de vantagens. A execução de alturas definidas numa área sem oposição tangível não se assevera uma tarefa cómoda: ou os gestos são muito

amplos e limitam a agilidade; ou os gestos são muito constrangidos e necessitados de extrema precisão.

É possível argumentar que existem instrumentos em que a altura de um som é definida por movimentos mais ou menos amplos (gesto), como o trombone ou o *theremin*. Contudo, a execução solista do trombone de varas requer uma técnica muito apurada e específica. O *theremin*, para além de uma técnica muito exclusiva, perde definição de altura específica em passagens rápidas (ao contrário das *Onde Martenot*, utilizando o teclado físico).

De notar que em instrumentos acústicos com grande continuidade, como o violino, a parte que diz respeito à definição da altura é efectuada com os dedos, enquanto que a parte da intensidade e timbre diz respeito ao arco (neste caso mais de acordo com uma gestualidade mais ampla). No caso do trombone, duas partes contribuem para a definição da altura: boca (bocal) e mãos (varas). De notar que em ambos os instrumentos há muitas subtilezas gestuais num espaço físico limitado.

O contacto táctil permite uma precisão incomparavelmente maior. Os movimentos gestuais de grande amplitude, com uma utilização análoga à do maestro ou bailarino, apesar da sua expressividade, permitindo variações gestuais contínuas, não permitem executar com precisão e virtuosismo elementos discretos como as notas musicais.

O contacto físico com alguma coisa, mesmo com grau de tangibilidade mínima, oferece forçosamente um retorno físico concreto. A simples oposição de uma matéria tangível à gestualidade humana proporciona uma percepção táctil e uma referência interactiva. E no caso concreto desta implementação instrumental, é a opção mais adequada.

4.4.3. Tacto versus visão computacional

O campo da *visão computacional*[622] tem progredido imenso nos últimos anos, em paralelo com a capacidade de processamento e evolução de *hardware*. Contudo, a captação visual, pela sua natureza, encontra os seus limites no rácio de luminosidade e movimento, para além de aspectos como o ponto de vista da aquisição de informação e da complexidade da deformação dos corpos.

A utilização da visão computacional tem conhecido grandes avanços, com uma disseminação crescente. Há dois processos que poderiam ser bastante úteis: (1) a captação da deformação da polpa dos dedos e (2) o uso de técnicas de *Motion Capture* (MOCAP) em conjunção com ambientes imersivos (MOCAP para captação de

[622] Do inglês “computer vision”.

movimento e deformação; ambiente imersivo para exibição de imagens para o utilizador). Pese embora as muitas vantagens, em ambos os casos há desvantagens importantes[623].

Em relação à captação da deformação da polpa dos dedos, a visão computacional necessita de uma câmara para captar a projecção de imagens. Embora possível, não se revelou prático, uma vez que iria obrigar volumetria obrigatória (Figura 122-1). Além disso, as condições de captação de luz são influenciadas pela própria luminosidade geral, interferindo na qualidade da aquisição (Figura 122-2).

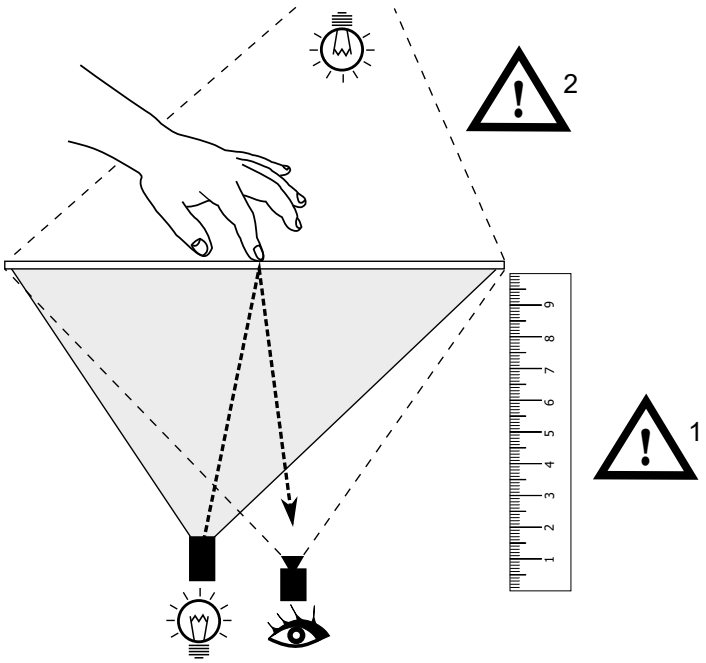


Figura 122. Constrangimentos da visão computacional.

Há vários exemplos de dispositivos que transitaram para o domínio do *tablet*, mas há que ter em conta que a sua manipulação não inclui a utilização contínua do eixo Z. No caso do *Lemur* da *JazzMutant*, pelo seu manuseamento ser completamente XY, o seu funcionamento é assegurado pela capacidade de rastreamento dos ecrãs de grande consumo. No caso da *Reactable*, a lógica de utilização de *fiduciais* físicos e a utilização de movimentos de rotação, faz com que a sua transposição para *tablet* seja particular, nomeadamente na versão ROTOR, que inclui a possibilidade de auxiliares hápticos, neste caso potenciómetros físicos. No futuro, caso surjam ecrãs tácteis de grandes dimensões a preços muito acessíveis, será interessante verificar se a versão original da

[623] De relembrar o conceito de "mãos livres", o que afasta a utilização de objectos ou marcadores no instrumentista.

Reactable permanecerá como dispositivo dedicado (seja por questões de identificação físicas ou outras), ou cederá à sua meta-versão com dimensões equivalentes ao original[624].

As condições de luz e variabilidade também são factores de difícil implementação. Segundo Paradiso "as técnicas de visão computacional envolvem uma sobrecarga de processamento e são geralmente afectadas pelas mudanças de iluminação e desordem" (Bosi, Jordà, & L, 2012, p. 48). Mesmo minimizando os problemas de processamento devido ao desenvolvimento tecnológico, os problemas das condições de iluminação mantêm-se, aos quais se junta "a necessidade de dispendiosas câmaras com elevada taxa de amostragem e processamento de *hardware/software* adequado para atingir interacção com latências suficientemente baixas" (Magnusson, 2006, p. 444).

Mas sem dúvida que a visão computacional, de forma isolada ou combinada, é uma excelente ferramenta no desenvolvimento de dispositivos instrumentais. A questão saber o qual o tipo de aquisição gestual se mais se adequa ao que se pretende implementar.

Por fim, de referir que, a visão computacional, tal como foi exposta, contraria o conceito de objecto único e integrado, passando a para objecto múltiplo e repartido. Não é certo que obrigatoriamente assim fosse, uma vez o desenvolvimento de uma solução pode revelar soluções desconhecidas. Contudo, a revisão do estado da arte, assentava basicamente nessa separação.

4.4.4. Representação musical em teclado versus outras representações

Porquê a representação em forma de teclado em vez de outras representações de *interface* instrumental? A resposta encontra-se na clareza dos seguintes aspectos:

a) Representação padrão da altura do som. Os instrumentos com teclado padrão (piano, órgão, cravo, controladores com teclado, sintetizadores com teclado) apresentam a organização escalar mais universal. Segundo Miranda (2006, p.26), "os instrumentos tipo teclado são proeminentemente representados na classe dos controladores instrumentais". Apenas os instrumentos da família da guitarra rivalizam, em termos de popularidade, esta condição.

b) Morfologia plana. A disposição plana horizontal dos teclados permite facilmente estabelecer um paralelismo morfológico com um ecrã.

[624] Partido do pressuposto que o conceito instrumental permanece inalterado. Há contudo de salientar que, neste como noutros casos, outras evoluções poderão ocorrer.

c) Referenciação cartesiana de elementos sonoros. Sendo a representação visual dos elementos sonoros plasmada numa morfologia plana, torna-se lógica a sua referenciação em planos de eixo, como tem sido desde o princípio desta investigação. Sejam dois planos XY ou três planos XYZ, a linearidade e sentido dos valores pode ser organizado com grande simplicidade e clareza[625].

4.5. PRESSUPOSTOS MUSICAIS IMPLÍCITOS

Vão ser apresentadas as preferências musicais do conceito instrumental a implementar. Significa que há uma hierarquia de aspectos a consolidar, respeitando a continuidade-discrição dos parâmetros sonoros enunciados.

Mas porquê a distinção entre sonoros e musicais? Será pertinente fazer tal distinção? A resposta pode depender mais de um entendimento particular do que uma definição universal. Mas, falar de música, significa falar de uma organização sonora e intelectual[626] que, só por si, os parâmetros sonoros não possuem.

Imprescindível	Complementar
Capacidade melódica contínua multidimensional	Polifonia
Visualização escalar flexível e configurável	Harmonia discreta

Quadro 8. Pressupostos musicais da implementação instrumental.

4.5.1. Pressupostos imprescindíveis

Entende-se como imprescindíveis por serem os elementos mais básicos ao conceito desta investigação, sem os quais deixa de fazer sentido.

Capacidade melódica contínua

A capacidade melódica contínua é uma das características mais caras à implementação do conceito instrumental. A execução de alturas definidas é a condição primordial haver possibilidade contorno melódico proposto, seja ele discreto ou contínuo. Assim como a intensidade e timbre e micro-variação. Mas isso tudo feito de forma multidimensional,

[625] Se num determinado sentido de um eixo um determinado parâmetro aumenta, no sentido oposto diminui: seja altura, timbre ou intensidade.

[626] Seja a sua construção meditada ou intuitiva, seja a sua percepção consciente ou inconsciente.

baseada nos princípios instrumentais inspiradores (ver subcapítulo "3.1 - Corpus Instrumental").

De notar que este conceito melódico não é o único possível, nem corporiza nenhum valor musical absoluto ou superioridade estética. Apenas é requerida essa capacidade e respectiva utilização.

Visualização escalar flexível e configurável

Na mesma área visual, ser capaz de apresentar instrumentalmente diversas escalas e configurações. As possibilidades são muitas, de acordo com a conjugação dos diferentes sistemas de exibição visual e aquisição gestual.

Contudo, a nível escalar, propõem-se a exibição de diferentes escalas, diferentes disposições da mesma escala, indicadores de referência (nomes, miras gráficas de temperamento), tamanhos dos segmentos discretos escalares, transposições escalares.

4.5.2. Pressupostos complementares

Como pressupostos complementares entendem-se os elementos que, sendo caros ao conceito geral de teclado, a sua implementação não seja condição *sine qua non* para validade dos pressupostos imprescindíveis. Em suma, valoráveis sem obrigatoriedade de implementação.

Polifonia

A produção de pelo menos dois sons em simultâneo confere uma complexidade musical acrescida. Neste caso específico, mais do que harmonia, fala-se de polifonia, pela capacidade dos sons serem independentes entre si, ou seja, a sequência melódica de cada voz é sempre livre da outra[627]. Acresce que, dados os pressupostos formulados por esta investigação, a polifonia deverá ser melodicamente contínua, visto ser uma característica valorizada por esta investigação.

Note-se que, entre monofonia contínua e polifonia discreta, em caso de apenas poder ser implementada uma delas, a escolha recairá na primeira opção.

Harmonia discreta

Este ponto está ligado ao anterior, embora com algumas diferenças. A harmonia, ao ser executada – especialmente como complemento à melodia e dentro de determinados contextos musicais – tem vantagens em ter características discretas, nomeadamente na

[627] Caso fosse dependente seria uma textura homofónica. Não confundir homofonia com monofonia: a primeira é constituída por vários sons simultâneos, a segunda apenas por um.

altura dos sons. A não ser que o desenho instrumental facilite a obtenção das mesmas, executar harmonias num instrumento completamente contínuo pode requerer um controlo instrumental deveras complexo.

Por essa razão, esta investigação preconiza que a mesma superfície de aquisição gestual possa – e de acordo com a sua disposição visual – representar elementos discretos; e que a sua concretização tanto possa ser discreta como contínua, dependendo da escolha feita.

4.6. JUSTIFICAÇÃO PERFORMATIVA

A prática instrumental é um assunto de elevada complexidade que abarca vários domínios. O que se pretende com este subcapítulo é tão somente justificar – em termos performativos – a escolha de um conceito instrumental abrangente.

Como já foi reflectido na secção "4.3.3 - Inovação e tradição", nem sempre inovação e tradição se encontram em lados opostos da trincheira. A inovação pode conter tradição, assim como a tradição pode conter inovação. Além disso, é necessário distinguir o que é novo: se o meio, se a mensagem, ou ambas as coisas.

Esta investigação, ao escolher um conceito instrumental abrangente, quis incorporar algumas das vantagens de uma prática musical mais alargada. Mas, antes de prosseguir, convém sublinhar que qualquer visão ou proposta instrumental em sentido inverso é tão ou mais válida que o conceito proposto.

Aprendizagem longa e complexa

Uma das premissas defendidas é a transferência da técnica instrumental. Qual a importância deste aspecto? Porque se deve dar atenção à prática consolidada? A resposta não é simples e depende do próprio conceito musical e instrumental em consideração. Mas abstraindo esse facto, a resposta pode ser encontrada na relação de intimidade[628] entre o instrumentista e o seu instrumento, algo que não é abdicável sem uma razão de força maior.

A aprendizagem e domínio de um instrumento musical é um empreendimento demorado. Mesmo considerando várias abordagens de aprendizagem, e que é necessário ter em conta a quantidade e qualidade do estudo, a duração temporal da aprendizagem especializada de um instrumento com contexto formal, em regra, dificilmente é menor que 10 anos, sendo esse valor tendencialmente maior quando se trata de elevados níveis

[628] Intimidade tanto pelo tempo despendido na aprendizagem como no tipo de controlo ("control intimacy") proposto por Moore (1987, p. 258, 1988, pp. 21–22).

de execução em contexto clássico (Lehmann, Sloboda, & Woody, 2007, pp. 39–41). Os mesmos autores apresentam um estudo onde se estima que os melhores estudantes de violino de uma academia de música em Berlin acumulam, aos 18 anos de idade, uma média de 7400 horas de estudo (Lehmann et al., 2007, pp. 71–73). Para além disso, é necessário ter em conta outros critérios como a capacidade individual, a idade do início da aprendizagem e se a mesma é supervisionada ou autodidacta (Lehmann, 1997).

Obsolescência e hermetismo instrumental

Este problema está relacionado com a conciliação de aprendizagem prolongada em contexto de elevada transformação tecnológica. Sobre este aspecto, Magnusson & Mendieta consideram que "os instrumentos acústicos têm maior tempo de vida, o que faz da sua prática um caminho contínuo para a mestria" (2007, p. 96). A rápida obsolescência caminha lado a lado com a existência de algum hermetismo instrumental. Segundo Dahl, "quando um instrumento existe por causa de uma única obra, os artistas não se encontram bem motivados para investir o tempo necessário para alcançar uma verdadeira expressividade (2012, p. 60). E sobre a pouca utilização de novos instrumentos, e já ignorando a complexidade do sucesso comercial, Jordà sublinha o seguinte:

> Many new instruments are being invented. Too little striking music is being made with them. (…)While standardisation may not be a must (maybe not even desirable), highly idiosyncratic instruments which are often used only by their creators may not be the best sign or strategy for a serious evolution in this field.[629] (Jordà, 2004c, p. 326)

As razões para a longevidade de um instrumento musical podem ser muito diversas. Aliás, nem deve existir qualquer obrigatoriedade para que tal suceda, tal é a diversidade do ecossistema musical. Aliás, hoje em dia, o "instrumento objecto" é, em contexto digital, a parte física de qualquer coisa que pode ser continuamente alterada e actualizada. E a criação musical pode, em muitos casos, dispensá-la. Por outro lado, fazendo uma retrospectiva dos instrumentos electrónicos mais admirados no séc. XX, o *theremin*, como refere Ostertag (2002, p. 13) é "conceptualmente um instrumento completo, (…) sem constantes séries de revisões e "upgrades" (…) [em que] alguém pode devotar anos na sua aprendizagem sem a preocupação que todo o seu duro trabalho se torne inútil a cada seis meses". O mesmo autor refere ainda a guitarra eléctrica como

[629] "Muitos novos instrumentos são inventados. Muito pouca música desafiante [striking] é feita com eles. (...) Enquanto a padronização pode não ser obrigatória (nem mesmo talvez desejável), instrumentos altamente idiossincráticos que são frequentemente usados apenas pelos seus criadores podem não ser o melhor sinal ou estratégia para uma séria evolução neste campo" (Jordà, 2004c, p. 326).

o instrumento electrónico[630] com mais sucesso de sempre, ao qual se deve juntar a grande difusão do gira-discos como dispositivo para DJ. Sobre estes dois últimos exemplos, deve ser considerado que estilos musicais a eles adstritos muito contribuem para a sua grande popularidade. Mas a guitarra, à qual se deve juntar os teclados na sua generalidade, beneficiam de uma prática musical muito alargada e transversal a várias épocas e estilos musicais.

Para finalizar, uma pequena nota sobre os casos extraordinários do *theremin*[631] e do gira-discos: o primeiro ainda hoje causa admiração pela sua mistura de intangibilidade e transparência entre o gesto e o resultado sonoro; o segundo porque é a assunção do som gravado na ponta dos dedos, combinando um dos grandes legados do séc. XX (gravação e reprodução sonora) com uma manipulação de elevada fisicalidade.

Transferência de técnica instrumental

A importância deste tópico destaca-se por dois aspectos nucleares: o número de executantes e a qualidade dos mesmos. São coisas diferentes mas muito interligadas.

Olhando para a música popular, cada estilo tem os seus músicos de destaque. Os próprios instrumentos utilizados são uma marca cultural de cada país e estilos musicais associados. Analisando o primeiro aspecto, o número de executantes, a existência de um instrumento caracterizador de um determinado país ou estilo musical, indicia uma prática musical básica generalizada. É certo que há muitas excepções, mas por cada destacado músico de *flamenco*, existe uma base popular de ouvintes e praticantes. O mesmo se passa em relação aos instrumentos musicais: na altura de alguém aprender um instrumento musical, sobretudo na infância, é natural que a escolha se faça dentro de um determinado leque de instrumentos. Seja pela popularidade dos mesmos, por adequação pedagógica, por disponibilidade de orientadores ou até pelo seu preço. É deste universo que mais tarde surgirá uma minoria que se tornará profissional ou que descobrirá novas tendências e recursos instrumentais.

O segundo aspecto diz respeito à qualidade dos executantes. Antes de mais, convém referir que é muito difícil haver qualidade geral sem haver uma quantidade mínima, pelos motivos que já foram atrás expostos. Mas a principal preocupação deste parágrafo é reforçar a mestria instrumental como um recurso musical valioso. Segundo Paradiso "muitos músicos possuem já técnicas bem desenvolvidas para tocar

---

[630] Em sentido lato, não como um instrumento electrónico "puro", como refere o autor.

[631] Convém referir que, dos exemplos apresentados, o *theremin* é, de longe, o menos tocado. Por isso, a admiração por instrumento deriva particularmente do seu pioneirismo, desenho instrumental e virtuosismo técnico da sua execução.

instrumentos acústicos - dominando o controlo minucioso de variados parâmetros" (1997, p. 19). A própria gestualidade instrumental é um domínio de grande importância para o controlo da síntese sonora:

> Control of sound synthesis methods may greatly benefit from the massive corpus of experience developed through centuries of improvement in acoustic instruments' playing techniques. *Expert gestures*, or the fine control achieved by highly-skilled performers, account for a degree of expressiveness that is hardly matched in live computer music.[632] (M. M. Wanderley et al., 1999, p. 418)

Por isso, segundo Dobrian et al., "torna-se aparente que a expressão musical sofisticada requer não apenas uma boa *interface* de controlo como também uma mestria virtuosa do instrumento que se controla" (2006, p. 277).

Em suma, a transferência de técnica instrumental deve ser vista como uma mais valia para a prática geral dos instrumentos electrónicos. É certo que a história da música electrónica está indelevelmente marcada por novos sons e novas estéticas. Mas a massificação da electrónica e da computação tornou acessível estes meios a qualquer pessoa e tipo de actividade, sendo impossível querer predefinir qualquer tipo de utilização. Segundo Chadabe, "a música electrónica tornou-se mais um meio que um estilo, e a música tornou-se diferenciada do sistema ou instrumento particular na qual foi tocada" (1997, p. xi). Sobre a evolução histórica da vanguarda, ela divergiu irremediavelmente do entendimento comum da população. A música de vanguarda do séc. XX não se tornou uma música assimilada (especialmente o "pós-50"), ao contrário das vanguardas dos séculos anteriores. Mas isso é um fenómeno comum a outras artes, e sobre isso talvez seja melhor assumir a música electrónica como se assume a música "não-electrónica": ela pode ser portadora de múltiplas visões e deve ser valorizada por aquilo que pode oferecer.

---

[632] "O controlo dos métodos de síntese sonora pode beneficiar em muito do enorme corpus de experiência desenvolvida através de séculos de aperfeiçoamento das técnicas de execução de instrumentos acústicos. Os gestos especializados, ou o controlo distinto obtido por artistas altamente dotados, são responsáveis por um grau de expressividade dificilmente correspondido na música electrónica ao vivo" (M. M. Wanderley et al., 1999, p. 418).

Capítulo 5 - Implementação de Hardware

Este capítulo é dedicado à implementação física do conceito instrumental proposto. A sua concretização resulta de um processo de diálogo entre ideias e materiais, abstracções e coisas reais.

Vai ser descrita a filosofia de implementação, o desenvolvimento da superfície de aquisição gestual, as soluções técnicas de *hardware*, os protótipos desenvolvidos e respectiva integração com o *software*.

5.1. FILOSOFIA DA IMPLEMENTAÇÃO

5.1.1. Modus operandi

A implementação do conceito instrumental é, na sua generalidade, bastante multifacetada e holística. Existe uma ordem sequencial geral, embora alguns aspectos tenham sido trabalhados em simultâneo. Aquilo que permaneceu imutável, ao longo de toda a investigação, foi a aspiração em concretizar uma ideia instrumental – uma espécie de *Continuum Fingerboard* visualmente configurável – através de um superfície táctil, flexível e suficientemente transparente para permitir a sobreposição à imagem luz. Foi esse o ponto de partida.

É possível, todavia, destrinçar três tipos de aspectos: os conceptuais, os relacionados com a prática musical e os tecnológicos.

Na generalidade, esta implementação parte do conceptual para o concreto, ou seja, de um conceito para um dispositivo, da reflexão para a acção. Há, contudo, uma experiência musical prévia justificativa. E há também a intuição e, dito de uma forma muito informal, saber lidar com imprevistos, a maioria deles indesejados, alguns deles bem-vindos.

Aspectos conceptuais

São todos aqueles relacionados com a ordem das ideias, com o planeamento da acção, com a relação entre o ideal e o possível, e com a exequibilidade das ideias através dos meios disponíveis.

Os aspectos conceptuais não se relacionam apenas com a metafísica das coisas, mas são fundamentais para a execução de aspectos mais práticos, como se verá ao longo do capítulo. Alguns exemplos recorrentes estão relacionados com a conciliação de variáveis, a sua hierarquia, e o grau implementação das coisas (ex.: "suficiente agora" *versus* "bom *sine die*").

Prática musical

Fazendo uma comparação musical, se os aspectos intelectuais definem a forma, a prática musical define o tema. A experiência como instrumentista influenciou, em muito, a própria implementação: o que deve ser valorizado num dispositivo instrumental e o que deve ser preferido em caso de escolha. Quais os parâmetros sonoros e musicais, quais as qualidades hápticas essenciais, quais os aspectos subjectivos e percepções qualitativas inerentes a determinada prática musical. É certo que se trata de escolhas pessoais e subjectivas, mas o próprio conceito de prática musical é um conceito plurívoco.

Aspectos tecnológicos

São todos aqueles que são utilizados na concretização dos aspectos intelectuais e prática musical. É tudo aquilo que lida com o artifício e concertação dos materiais; assim como o cálculo e organização de grandezas, as ordens e as operações matemáticas necessárias. E tudo aquilo que se aprende a fazer, fazendo-o.

Em termos de *hardware*, há uma divisão clara entre aquilo que é industrial e aquilo que é artesanal. Há *chips*, *tablets*, ecrãs, sensores, componentes electrónicos variados, exemplos claros da grande disseminação e disponibilidade tecnológica do quotidiano. Mas tudo isso resultada de uma produção em larga escala, dificilmente replicável numa escala caseira. A compra de um ecrã de consumo pode ser económica, mas a transformação de uma tecnologia altamente massificada pode estar dependente de conhecimentos altamente especializados e equipamento extremamente caro e inacessível.

Em contraponto, há outra parte muito artesanal, dentro do conceito "do it yourself" (DIY). Bases, suportes, gelatinas condutoras, ligações eléctricas pouco ortodoxas, adaptação de objectos fora do contexto, tudo isto foi utilizado na construção de *hardware*, sobretudo no que diz respeito à parte da aquisição gestual.

A linguagem de comunicação das coisas, como o código informático e a matemática utilizada, está incluída nos aspectos técnicos, sendo ferramentas desmaterializadas.

5.1.2. Princípios práticos

Nos trabalhos de índole prática, são comuns as dicas, observações e comentários que, não sendo totalmente sistematizáveis, podem ser preciosas ajudas para o aprendiz. Este tipo de procedimentos é extremamente variável e dependente do âmbito da implementação e da experiência do implementador. Nesta exposição, estas indicações podem vir em notas de rodapé, tópicos ou comentários. Contudo, em termos gerais, quando se tornam recorrentes e aplicáveis em diversas situações, tornam-se princípios – como aqueles que de seguida vão ser enunciados.

De notar que um princípio se aplica a um determinado tipo de situações, não sendo a sua aplicação obrigatoriamente universal, podendo, fora de contexto, ser contraproducente. Cabe ao artífice perceber qual o contexto da sua aplicação.

Princípio da interdependência

O princípio da interdependência está relacionado com a dificuldade em sequenciar de forma completamente independente os vários aspectos da implementação, uma vez que muitos deles são interdependentes.

É uma situação problemática quando, numa etapa inicial, a escolha ou desenvolvimento de uma variável se encontra dependente de outras na mesma situação.

Um sensor pode ser escolhido pelo seu desempenho, mas também pelo seu tamanho, encaixe ou linguagem de comunicação. O desenho de um dispositivo depende também das características dos seus componentes, havendo casos em que a própria concretização pode levar à redefinição do desenho inicial.

Um exemplo concreto desta situação foi o encaixe do ecrã utilizado no *protótipo 4*: a simples localização da sua entrada USB alterou o posicionamento de grande parte dos componentes electrónicos, como será visto na secção “5.4.4 - Protótipo 4”.

Princípio da solidariedade prática

Este princípio diz respeito à solidariedade do desenvolvimento de várias facetas em que, a partir do momento em que uma delas esteja operacional, pode abdicar-se do seu aperfeiçoamento até que outra da qual dependa esteja na mesma condição.

Deste modo, quando a implementação assenta em aspectos interdependentes, não deve ser sacrificado o desenvolvimento do conjunto em favor do aperfeiçoamento de uma parte que se encontra operacional.

De notar que se trata de um princípio, e não uma obrigatoriedade. Também é verdade que a descoberta de uma mais valia pode reequacionar o processo geral. Mas,

sendo o objectivo da prototipagem uma demonstração experimental, a sua conclusão geral não deve ser comprometida pelo aperfeiçoamento de apenas uma das partes[633].

5.2. SUPERFÍCIE DE CONTACTO

O ponto de partida para o desenvolvimento instrumental surgiu da matéria utilizada na superfície de aquisição gestual. Havia algo, numa memória longínqua, de algo que continha algumas das características apreciadas: flexibilidade e robustez, no que diz respeito à parte táctil; e transparência, no que diz respeito à parte visual. E foi aí que tudo começou: pela gelatina hectográfica.

5.2.1. Gelatina de hectográfica

5.2.1.1. Origem, inspiração e composição

A ideia de utilizar uma gelatina como base da superfície de contacto resulta de uma lembrança de infância. Falando em termos pessoais, o autor desta tese tinha na memória a utilização, pela sua mãe, de uma superfície com uma consistência de borracha destinada a fazer cópias de textos manuscritos para os seus alunos do actualmente denominado 1º Ciclo do Ensino Básico[634]. Nessa altura, em Portugal no final dos anos 70 do séc. XX[635], a fotocopiadora não estava disponível à maior parte das pessoas – impensável em contexto escolar –, pelo qual a duplicação de manuscritos era um processo bastante diferente do actual.

Um dos processos mais engenhosos de fazer cópias em papel era através do tabuleiro hectográfico ou hectógrafo. Basicamente consiste num tabuleiro com um preparado gelatinoso onde, depois de decalcar textos ou desenhos do originais, são efectuadas cópias do conteúdo absorvido pela gelatina[636]. Apesar da sua utilização em contexto escolar se ter prolongado em Portugal até à data indicada, a sua utilização como processo de impressão terá surgido na segunda metade do séc. XIX[637].

---

[633] Havendo possibilidade, fazendo notar que este é um entendimento particular e caso haja contexto, deve ser equacionada a construção de outro protótipo em detrimento do seu aperfeiçoamento. Pode ser mais efectivo fazer 10 protótipos sequenciais ou parcelares, que fazer um protótipo demasiado complexo e de difícil implementação.

[634] Os actuais 1º a 4º anos, correspondendo *grosso modo* à faixa etária dos 6 aos 10 anos.

[635] E em grande parte da década seguinte.

[636] https://www.youtube.com/watch?v=lUGf19571vI

[637] A wikipédia refere 1869 (https://en.wikipedia.org/wiki/Hectograph), o dicionário Merriam-Webster refere 1880 (https://www.merriam-webster.com/dictionary/hectograph).

Em relação à etimologia do vocábulo, a sua estrutura está explicitamente ligada à sua definição na língua portuguesa: "hectógrafo (grego *hekaton*, cem + grego *grafe*, desenho), [...] Aparelho que permite obter um texto ou desenho numa centena de exemplares aproximadamente"[638]. Na língua inglesa pode ser denominado por *hectograph*, *gelatin duplicator* ou *jellygraph*.

A receita da gelatina hectográfica utilizada, gentilmente cedida por Helena Carvalhão, é composta por água, gelatina, glicerina e açúcar, seguindo as proporções e instruções da mesma (Anexo 1).

5.2.1.2. Aspecto físico

A primeira sensação proporcionada por este preparado gelatinoso foi a sua grande flexibilidade e resistência, aliada a uma considerável transparência. Foram esses os aspectos mais apreciados, correspondendo à expectativa inicial (Figura 123). Apenas deve ser referido que é ligeiramente pegajosa, característica que vai desaparecendo com o tempo; e acumula dedadas e sujidade, pelo que a camada superior deve ser adequadamente selada com uma folha de plástico.



Figura 123. Primeira amostra da superfície de contacto transparente e flexível.

A sua firmeza é semelhante ao contacto com um músculo ou uma goma muito compactada. Não foram feitos testes laboratoriais de dureza e flexibilidade mas, pela impressão que fica do seu manuseamento, andará entre os 20 a 30 valores na escala de dureza *OO-Shore*[639] (Figura 124, Vídeo Anexo 4 e Anexo 2).

---

[638] **"hectógrafo"**, in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, https://www.priberam.pt/DLPO/hect%C3%B3grafo [consultado em 18-09-2017].

[639] https://en.wikipedia.org/wiki/Shore_durometer



Figura 124. Fotograma do Vídeo Anexo 4: manuseamento de folhas de gelatina.

Vídeo Anexo 4. Manuseamento de duas folhas de gelatina de 5mm e 8mm de espessura.

A importância da transparência

A valorização desta característica reside na sua utilização como superfície de aquisição gestual e na necessidade da sua sobreposição a uma ecrã ou sistema de projecção de imagem luz, tal como foi descrito no "Capítulo 1 - Introdução".

Ainda na fase exploratória do projecto assumiu-se que seria uma das soluções mais evidentes. Partindo do pressuposto que estaria fora do alcance qualquer alteração de *hardware* industrial (nomeadamente a nível de ecrã), esta solução foi considerada a mais adequada, devido ao seu atravessamento luminoso.

A importância da deformação

O facto da gelatina ser deformável é uma mais valia adicional. A sua compressibilidade e retorno à posição inicial proporciona um conforto táctil importante e dispensa a utilização de actuadores ou mecanismos de compensação.

Assim sendo, a sua deformação proporciona um retorno táctil ausente em materiais rígidos, incluindo os ecrãs tácteis. Mesmo nos teclados com *aftertouch,* onde a pressão pode ser continuamente medida, essa sensação de retorno não está garantida:

> An interface with a 'good feel' conveys maximum, even redundant information about the state of an application or whatever lies behind the interface. This allows a

> user to manipulate efficiently toward a given goal. Aftertouch on synthesizer keyboards is an example of an interface with no significant 'feel' feedback. There is no opportunity for the user to sense the state of the system except by listening[640] (B. Gillespie, 1992b, p. 447).

Há, no entanto, uma ressalva a fazer: se a deformação foi vista como uma inspiração conceptual e uma mais-valia instrumental, a sua ausência não era condição imprescindível para a sua validação. Recordando o que foi exposto no "Capítulo 1 - Introdução", o que se pretende implementar são vários níveis de pressão contínua num determinado ponto de uma superfície visualmente configurável, independentemente do retorno táctil alcançado.

5.2.1.3. Condutibilidade eléctrica

Para além do seu aspectos físico, uma outra qualidade fundamental foi casualmente encontrada: a sua condutibilidade eléctrica. O preparado gelatinoso é constituído – entre outros ingredientes – por água[641]. E aqui dá-se o acaso experimental: verificou-se que apresentava características o situam entre material isolante e material condutor. Por outras palavras, permite a passagem de electricidade, mas com um determinado grau de resistência. E mais importante, o preparado gelatinoso, ao ser pressionado diminui o seu grau de resistência eléctrica; e ao ser libertado retorna, globalmente, às suas características iniciais. Utilizando uma amostra e pressionando, *grosso modo*, de forma análoga a uma tecla de piano, facilmente se ultrapassam 100 níveis de pressão diferenciáveis (Figura 125, Vídeo Anexo 5).

---

[640] "Uma *interface* com uma "boa sensação" [táctil] transmite o máximo de informações – mesmo redundantes – sobre o estado de uma aplicação ou o que está por ela está detrás. Isso permite uma utilização eficiente em relação a um determinado objectivo. O *aftertouch* de um teclado de sintetizador é um exemplo de uma interface sem *feedback* significativo. O utilizador não tem oportunidade de sentir o estado do sistema, excepto pela audição" (B. Gillespie, 1992b, p. 447).

[641] Os outros ingredientes utilizados são, segundo as medições, não condutores .

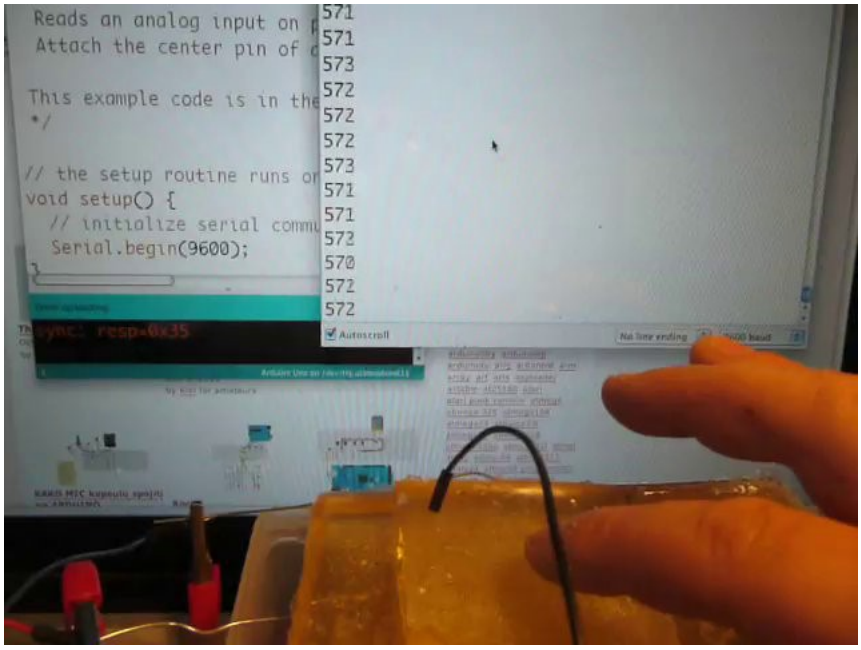


Figura 125. Fotograma do Vídeo Anexo 5: variação pressão-condutibilidade eléctrica.

Vídeo Anexo 5. Variação de pressão-condutibilidade eléctrica em amostra de gelatina.

O passo seguinte baseou-se na seguinte lógica: se a modulação da pressão modula a própria condutibilidade eléctrica, então há uma causa-efeito potencialmente aproveitável.

5.2.1.4. Vantagens e desvantagens do preparado gelatinoso

Vão ser sumariadas as principais vantagens e desvantagens da utilização da gelatina hectográfica. Uma conclusão importante é que a simples existência de uma causa-efeito não significa que o seu comportamento seja linear. Por isso a sua utilização depende da sua calibração e tipo de utilização. Em termos de condutibilidade eléctrica, de notar a existência de resultados gerais equivalentes, mas com uma margem de variação significativa (Apêndice D 1, Apêndice D 2, Apêndice D 3, Apêndice D 4, Apêndice D 5).

Vantagens:

- Suficientemente transparente para demonstração do conceito;
- Propriedades semicondutoras;
- Maleável e deformável;
- Feito em casa, nas medidas e volumes necessários;
- Preparação sem riscos para a saúde.

Desvantagens:

- Propriedades condutoras instáveis ao longo da utilização;

- Falta de homogeneidade condutora ao longo da sua área;
- Histerese e falta de linearidade;
- Superfície com elevada humidade, susceptível de corroer metais oxidáveis;
- Não completamente transparente.

5.2.1.5. Materiais alternativos

Foi feita uma análise de materiais alternativos à gelatina, de forma a arranjar várias opções que minimizassem as desvantagens do preparado gelatinoso. Contudo a tarefa revelou-se deveras difícil, uma vez que teria de satisfazer os seguintes requisitos:

Transparência + Condução eléctrica + Elasticidade.

Transparência, condutividade e elasticidade

Tendo em conta que o preparado gelatinoso tinha as condições mínimas para o desenvolvimento do protótipo, as soluções alternativas não poderiam ser nem muito dispendiosas, nem muito difíceis de obter, havendo preferência por produtos comercialmente disponíveis.

A primeira grande dificuldade foi conciliar transparência e condutividade eléctrica. Existem borrachas e espumas condutoras, *e-textiles*[642] e excelentes soluções tácteis às quais lhes falta transparência (Freed, 2008; Schmeder & Freed, 2010). Todas as almofadas tácteis (*pads*) observadas são opacas, pese embora a sua extraordinária gama de utilização, como foi vista anteriormente no estado da arte, ao qual se juntam os bons exemplos dos controladores *Ski* (Huott, 2002) e *Bean* (Huott, 2005). Por outro lado existem silicones transparentes mas sem condução eléctrica. Não foi encontrado nenhum dispositivo instrumental ou algum material comercial que juntasse esta tríade de características[643].

---

[642] Têxteis vocacionados para a electrónica com caracteristicas próprias, entre as quais a condutividade eléctrica.

[643] Dois artigos sobre a tecnologia de superfícies multi-toque fazem uma abrangente pesquisa dos recursos técnicos à disposição (Schöning et al., 2008, 2009). Tendo em conta o tipo de aquisição gestual pretendida, as superfícies baseadas na variação de resistência, ao serem transparentes, têm os seus limites circunscritos à tecnologia comum nos ecrãs multi-toque. A combinação de material flexível, como silicone e látex, é proposta em camadas muito finas sobrepostas a superfícies transparentes de aquisição gestual por métodos ópticos. Tendo em conta a finura das substâncias flexíveis, elas não proporcionam uma deformação considerável. Por outro lado a captação por métodos ópticos necessita de visão computacional, o que torna esses dispositivos volumosos e sensíveis à luz envolvente. Deve ser

Foram também testados alguns materiais como o *velostat* e diversos têxteis (Apêndice D 6). O *velostat* apresentou boas propriedades de sensibilidade à pressão. Contudo a sua opacidade e forma não permitiu a sua utilização.

Na generalidade, os materiais têxteis não se mostraram adequados à utilização pretendida, tendo em conta a falta de transparência e pouca aplicabilidade ao tipo de superfície implementada.

Deformação elástica

Adicionalmente teria de ser flexível e maleável. Colocou-se a hipótese de sacrificar a condutividade eléctrica em favor de outro material de elevada flexibilidade e transparência, que eventualmente poderia ser conjugado com sensores de pressão. Depois de analisadas as características de vários produtos, foram feitas experiências com o produto *Clear Flex 30*[644] do fabricante *Smooth-On*[645]. Esta borracha líquida de uretano foi a solução comercial mais elástica[646] e transparente encontrada no mercado, pese embora a sua falta de condutibilidade eléctrica. A intenção era preparar folhas deformáveis e transparentes para conjugação com sensores e material condutor.

Os resultados não foram os pretendidos. Houve uma falha na preparação que não permitiu obter a transparência esperada – por falta de despressurização prévia do preparado antes da cura –, por causa das bolhas de ar retidas no preparado (Figura 126). Mas mais relevante foi, tal como seria de esperar, uma flexibilidade e compressibilidade bastante inferior à obtida através do preparado gelatinoso, sendo por isso considerada uma alternativa tactilmente menos interessante.

---

notado que existem preparados condutores que podem ser misturados com outros. Contudo, este tipo de procedimentos, exige condições laboratoriais exigentes (exaustão adequada, misturadora de produtos, máquinas de vácuo para extracção de bolhas, fornos para cura), sem que, à partida, os resultados pretendidos fossem alcançados. Evocando o princípio da solidariedade prática, a gelatina hectográfica foi considerada a opção adequada.

644 https://www.smooth-on.com/tb/files/CLEAR_FLEX_30_TB.pdf

645 https://www.smooth-on.com/

646 Dureza 30 na escala *Shore 00*.



Figura 126. Camada de 220x300x5mm de *Clear Flex 30*: (1) resultado final e (2) cura no molde.

Foram equacionados novos testes, com eventual modificação do composto com vista ao incremento da flexibilidade, para além da despressurização conveniente do preparado. Mas uma reflexão mais ponderada levou a concluir que, perante as poucas probabilidades de sucesso, a pouca disponibilidade de laboratórios de química, a toxicidade na preparação da mistura[647/648], a supressão inevitável de condução eléctrica e o facto de haver um material minimamente satisfatório disponível, seria melhor cancelar a realização de novas experiências. Acresce que, tal como foi dito na secção "5.1.1 - Modus operandi", neste caso aplica-se o princípio da solidariedade prática, ou seja, o aperfeiçoamento de uma variável não pode por em causa o desenvolvimento das restantes.

Com isso se conclui que, na data dos testes e com a investigação feita na altura, não haver produtos comerciais com vantagens superiores às apresentadas pelo preparado gelatinoso.

5.3. SOLUÇÕES TÉCNICAS DE HARDWARE

5.3.1. Requisitos de hardware

As soluções técnicas de *hardware* – tirando os componentes electrónicos industriais – foram pensados de raiz. Relembrando vários aspectos do objectivo principal da superfície de aquisição gestual, ela deveria em termos tácteis (1) obter o posicionamento

[647] https://www.smooth-on.com/msds/files/Clear_Flex_30.pdf

[648] Susceptível de causar danos graves ou permanentes na vias respiratórias. Daí a necessidade de um laboratório com área e exaustão adequadas.

da (2) pressão contínua numa determinada superfície, sem (3) utilização de elementos que não sejam as próprias mãos e a superfície receptora.

A isto se junta que tal capacidade deve estar conjugada com flexibilidade visual inerente a imagem luz, possível de conjugar com a superfície de aquisição gestual com a utilização de imagem luz.

5.3.2. Cenários técnicos de aquisição gestual

Devido às limitações tácteis dos ecrãs expostas no "Capítulo 1 - Introdução", foram pensados vários cenários que passariam por uma solução composta, ou seja, uma superfície de aquisição gestual com várias partes, como se ela fosse ela própria um grande sensor ou uma matriz sensorial.

Foram tidos em conta diversos tipos de materiais de contacto (borrachas, silicones), diversos tipos de sensores e disponibilidades de ecrãs, já considerando a gelatina hectográfica.

Disposição e tipologia de sensores

Uma das soluções técnicas passaria por embutir um ecrã flexível – caso houvesse disponibilidade – numa silicone muito flexível e transparente com sensores de pressão acoplados[649] (Figura 127). Estes últimos ficariam atrás do ecrã, não interferindo no campo visual. O problema desta solução seria o ecrã, que teria de ser o suficientemente flexível para transmitir a deformação da superfície para os sensores.

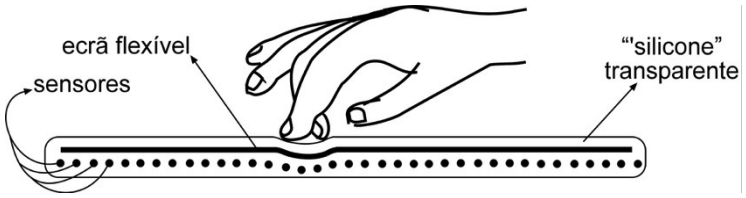


Figura 127. Ecrã deformável embutido em superfície de contacto.

Outra solução passaria pela utilização de sensores de pressão transparentes – caso houvesse disponibilidade – embutidos numa silicone muito flexível e transparente sobreposta a um ecrã convencional. O problema aqui seria obter sensores de pressão com dimensões e transparência adequada.

[649] Eventualmente a silicone poderia estar somente atrás do ecrã.

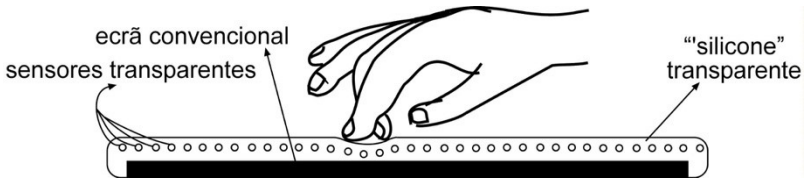


Figura 128. Ecrã convencional debaixo de superfície de contacto e sensores transparentes.

O ataque extra Z

Paralelamente à aquisição de pressão, foi estudada a hipótese de acoplar um mecanismo de captação de ataques, ou seja, de grandes mudanças de pressão num intervalo temporal muito reduzido. Na verdade, a utilização de materiais flexíveis amortece as variações de pressão muito repentinas, devido ao encaixe proporcionado pela matéria.

A solução pensada passaria pela utilização de microfones de contacto para, conjuntamente com a aquisição contínua, captar ataques mais definidos (Figura 129).

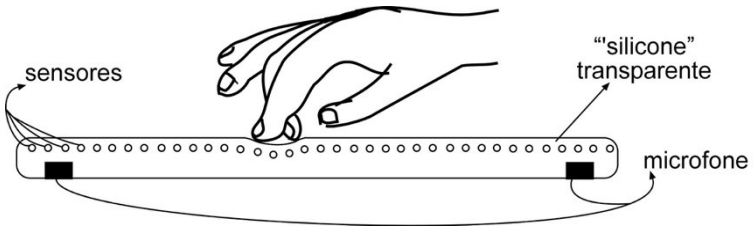


Figura 129. Solução de captação de ataque através de microfones de contacto.

Assim sendo, e aproveitando meios complementares de aquisição do eixo Z, a Figura 130 mostra o esquema geral de aquisição dos eixos XYZ. O significado de *extra Z* deve ser entendido de duas maneiras: (1) como aquisição complementar e (2) como mecanismo independente. Sendo assim, o conceito de *extra Z*, apesar de pensado, a sua implementação não foi considerada prioritária, tendo em consideração a prioridade da aquisição de contínua de pressão.

Projectos como *Mogges*[650] de Bruno Zamborlin[651], *Unsounding Objects* (Hattwick et al., 2014), *Rich Contacts* (Schwarz, Tremblay, & Harker, 2014), *Tangible Scores* (Tomás & Kaltenbrunner, 2014), *Caress* (Momeni, 2015), *HandSolo* (Jathal & Park, 2016) e a aquisição de teclado híbrida (Dahlstedt, 2017) são exemplos deste tipo de aquisição gestual para tratamento de sinal, mapeamento e síntese sonora. Existem

[650] https://www.kickstarter.com/projects/mogeesplay/mogees

[651] https://www.youtube.com/watch?v=RGbyFxw3-pY

também várias aplicações comerciais que utilizam o microfone do próprio *smartphone* como sensor de aquisição gestual, como *Impaktor*[652] e *TableDrum*[653].

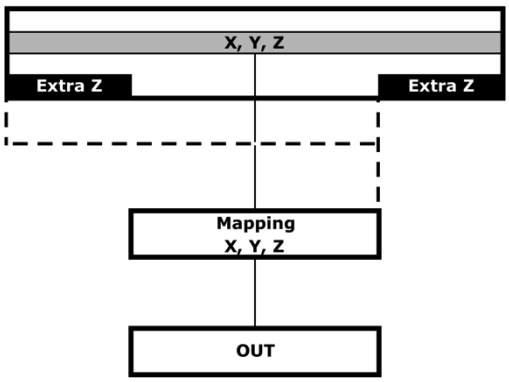


Figura 130. Esquema geral de aquisição dos eixos XYZ.

5.4. PROTÓTIPOS GELATINOSOS

5.4.1. Protótipo 1

O primeiro protótipo é basicamente constituído por 3 camadas de gelatina[654], em que os intervalos entre elas são intercalados com a seguinte distribuição: (1) camada de 4 *leds* para o eixo X; (2) alimentação; (3) camada de 4 *leds* para o eixo Y (esquema geral: Apêndice C 1).

O seu propósito é muito simples: a partir do momento que foi detectada variação de corrente através do pressionar da superfície gelatinosa, foi construído um protótipo que verificasse, através da variação da alimentação de corrente a emissores de luz, a possibilidade da construção de uma matriz XY de 4x4 *leds* (Figura 131, Vídeo Anexo 6).

Logicamente, a variação de corrente, para além de determinar o posicionamento XY, acabaria também por transmitir informação do eixo Z. Os resultados obtidos foram satisfatórios, dando luz verde ao próximo passo.

---

[652] https://itunes.apple.com/us/app/impaktor-the-drum-synthesizer/id557824278?mt=8

[653] https://itunes.apple.com/us/app/tabledrum/id441759017?mt=8

[654] Está subentendido que se trata do composto gelatinoso ou gelatina hectográfica. Por uma questão de simplificação da escrita, doravante será denominado simplesmente por gelatina.

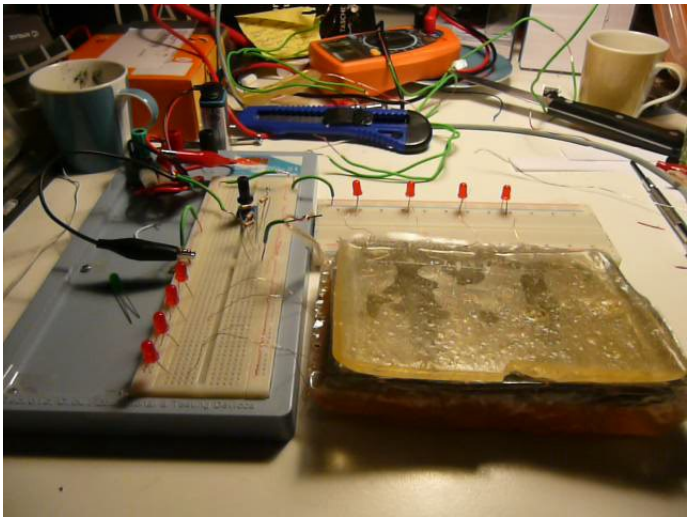


Figura 131. Fotograma do Vídeo Anexo 6: protótipo 1

Vídeo Anexo 6. Protótipo 1: teste de variação de resistência através de *leds*.

5.4.2. Protótipo 2

Este protótipo seguinte segue os princípios anteriores, aumentando a matriz XY para 15x10 *leds* (Figura 132, Vídeo Anexo 7, Vídeo Anexo 8), mantendo 3 camadas de gelatina e o mesmo tipo de circuito eléctrico (esquema geral: Apêndice C 2; circuito electrónico: Apêndice C 3). Os resultados obtidos foram satisfatórios, dando luz verde ao próximo passo.

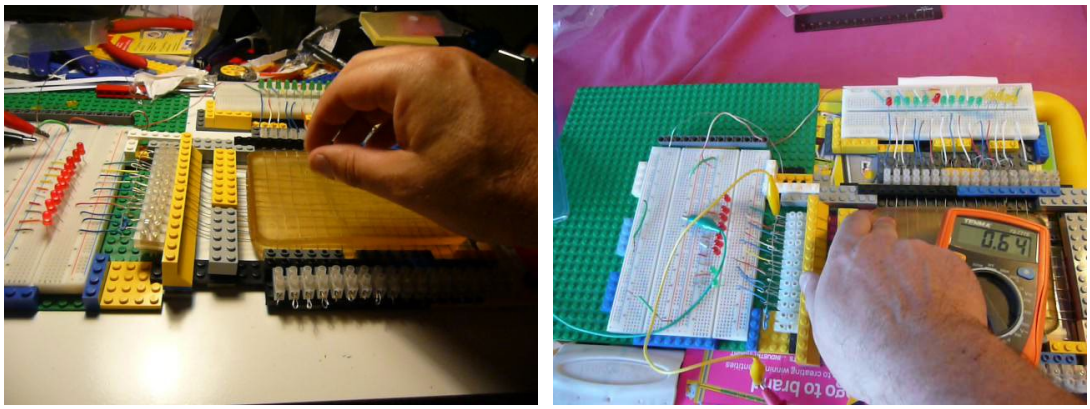


Figura 132. Fotogramas dos Vídeo Anexo 7 e Vídeo Anexo 8: protótipo 2.

Vídeo Anexo 7. Protótipo 2: teste de variação de resistência através de *leds*.

Vídeo Anexo 8. Protótipo 2: teste de variação de resistência através de multímetro.

5.4.3. Protótipo 3

Esta implementação pretendeu estabelecer um novo patamar de prototipagem devido ao seu planeamento e desenho técnico (Apêndice C 4), pelo grande incremento da matriz de aquisição XY (49x35y) e pela robustez geral do dispositivo. Além disso, apostou-se que, em vez da montagem das camadas de gelatina e encordoamento ser faseada e alternada[655], o encordoamento deveria ser montado todo de uma vez (Figura 133-1) e, posteriormente, a gelatina derretida seria vertida na estrutura, transformando-se num bloco único atravessado pelo encordoamento condutor (Figura 133-2).

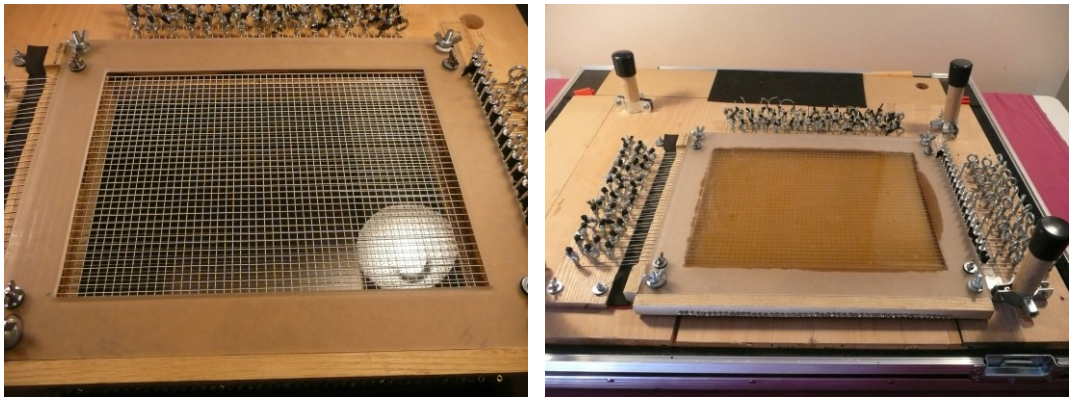


Figura 133. Protótipo 3: (1) encordoamento base e (2) posterior enchimento com gelatina derretida.

A restante parte seria montada posteriormente, havendo espaço para a montagem de outros componentes electrónicos (Figura 134). De notar a existência de uma gaveta para inserção de informação visual de referência, nomeadamente folhas de papel com impressão de diversas configurações visuais.

[655]Encordoamento – camada – encordoamento – camada – encordoamento – camada.

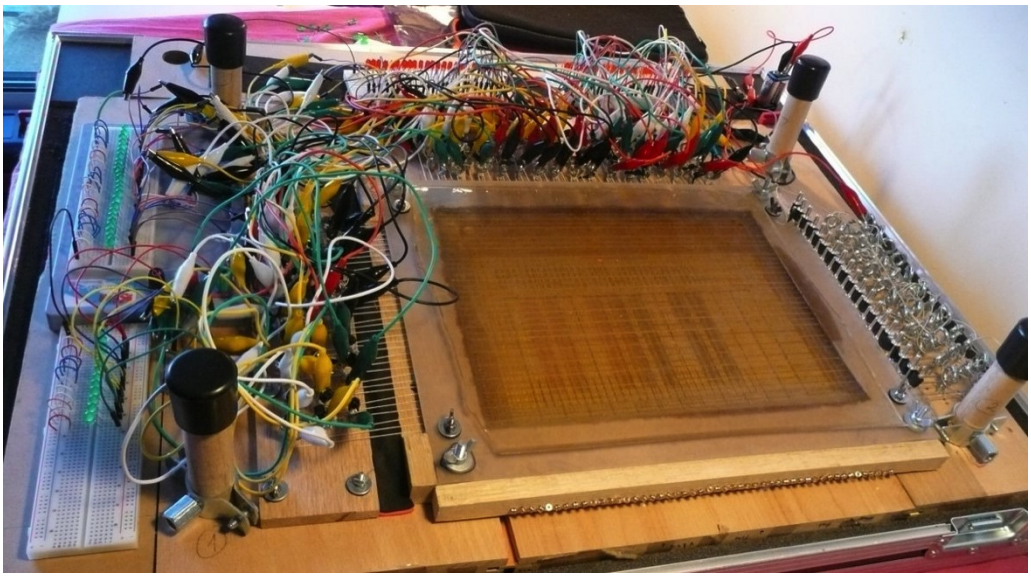


Figura 134. Protótipo 3: aspecto geral com esquema de *leds*.

Visualização da corrente através de *leds* (verdes à esquerda, vermelhos no topo). No centro vislumbra-se uma folha de papel com um teclado impresso. Na parte inferior da fotografia notam-se as ranhuras correspondentes ao limites laterais da gaveta.

Os resultados do *protótipo 3* foram desanimadores e contrariaram as expectativas criadas. As variações de corrente derivadas da pressão exercida foram nulas ou imperceptíveis (Figura 135-2 e Vídeo Anexo 9). O protótipo foi rectificado através da retirada de algum encordoamento, colocação de outras camadas de gelatina e novo encordoamento em cima destas (Figura 135-2 e Vídeo Anexo 10). Aproveitando diversas disposições, foram realizados diversos testes, de forma a perceber as razões da falta de variação de corrente eléctrica.

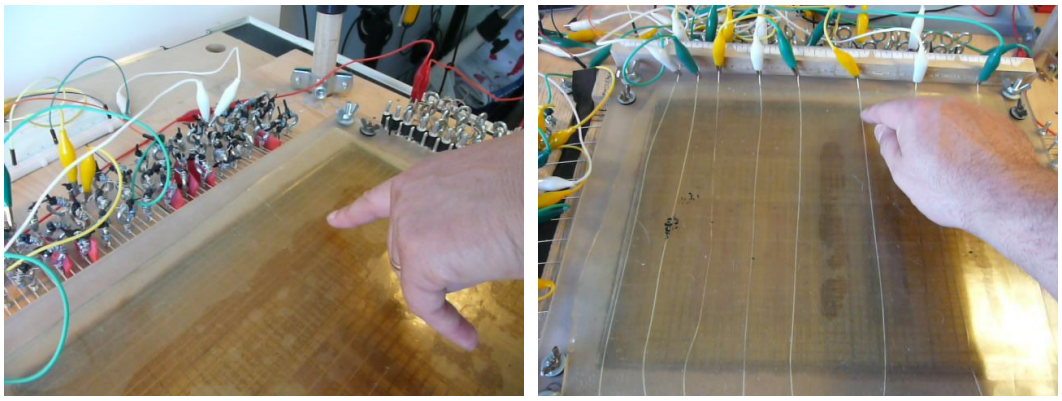


Figura 135. Fotogramas dos Vídeo Anexo 9 e Vídeo Anexo 10: protótipo 3.

Vídeo Anexo 9. Protótipo 3: experiência ao toque com som.

Vídeo Anexo 10. Protótipo 3: rectificação do encordoamento e experiência melódica.

Os resultados foram conclusivos: o problema do protótipo derivou, em parte, da excessiva proximidade entre os diversos encordoamentos (tanto verticalmente como horizontalmente). Mas a razão principal deveu-se à falta de isolamento entre os circuitos X e Y. Isto significa que os circuitos teriam que ser isolados, seguindo o que está esquematizado na Figura 136. Assim sendo, a partir deste momento, cada circuito passaria a ter o seu pólo positivo e negativo, sendo entremeadas por uma resistência variável (a gelatina).

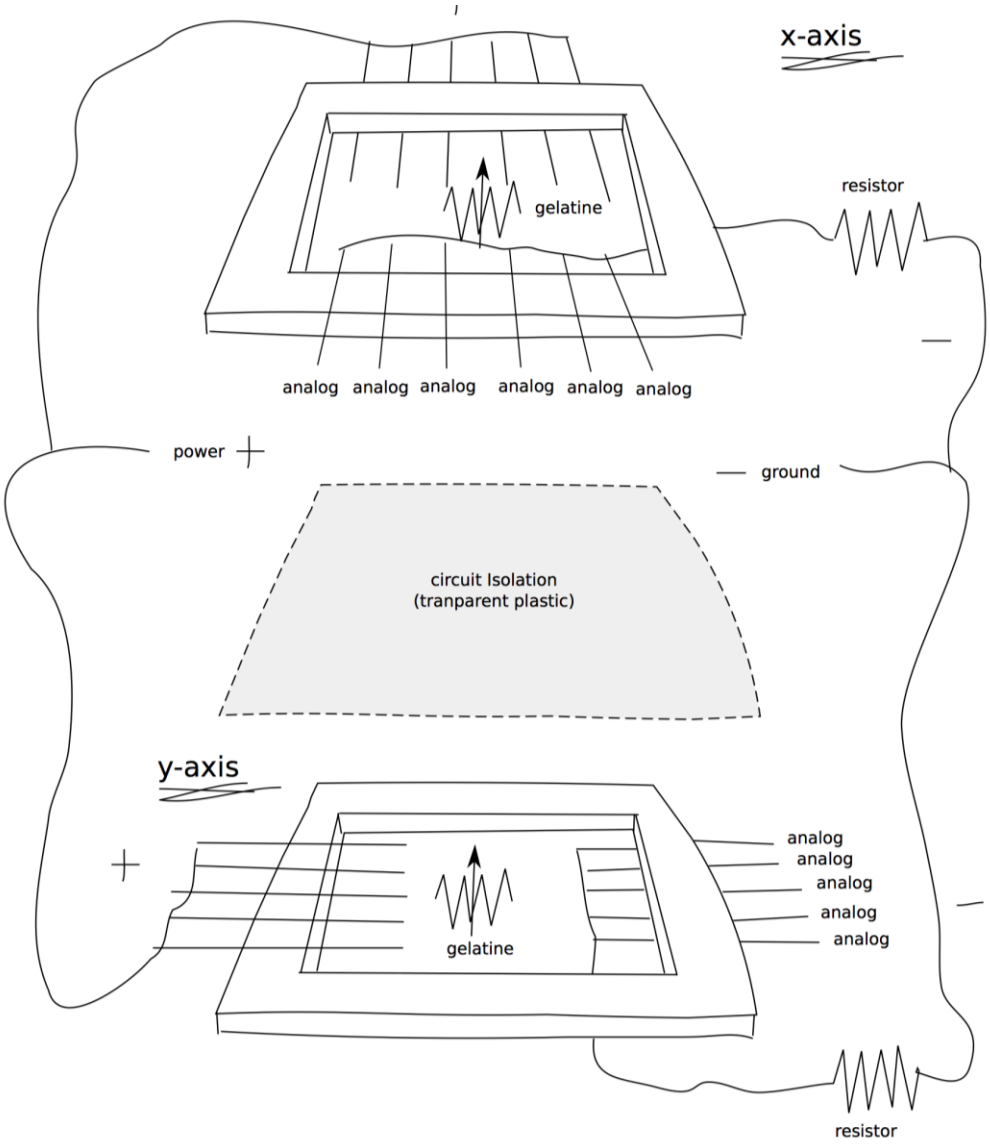


Figura 136. Rascunho geral da rectificação do projecto.

Este erro de concepção foi induzido pelos protótipos anteriores, onde a falta de isolamento não impediu a obtenção de resultados visíveis. Contudo, nos protótipos anteriores, o número de fios condutores era muito menor, a gelatina era subdividida em várias camadas (podendo formar algum isolamento), o esticamento das cordas muito

mais frouxo e o aumento da escala pode, eventualmente, gerar fenómenos laterais. Poderia ter sido estudado o impacto de cada uma destas variáveis. Todavia, estando o problema base detectado – isolamento dos circuitos e maior espaçamento horizontal do encordoamento – foi considerado mais conveniente prosseguir com a implementação, evocando o princípio da solidariedade prática.

Como aspectos positivos do *protótipo 3,* pode ser apontado o seu desenho prévio, o desenvolvimento de competências técnicas de prototipagem, a construção de uma base sólida e estável (ainda que sem os resultados esperados), a realização conjunta dos primeiros testes sonoros e respectiva ligação protótipo-*Arduino*-computador.

5.4.4. Protótipo 4

Este protótipo foi um marco na desenvolvimento da prototipagem, uma vez que, para além de corrigir os problemas detectados no *protótipo 3*, as estruturas foram executadas por equipamento disponível num *fab lab*[656], nomeadamente por maquinaria de corte CNC[657] (fresas para MDF, laser para MDF e acrílico extrudido).

Estudos prévios

Foram executadas várias versões das mesmas molduras, de forma a estudar qual o melhor afastamento horizontal do encordoamento e qual a espessura mais adequada das camadas de gelatina (Figura 137. Consultar Apêndice C 5, Apêndice C 9, Apêndice C 10, Apêndice C 12, Apêndice C 13, Apêndice C 18, Apêndice C 19, Apêndice C 20, Apêndice C 27, Apêndice C 28).

[656] Abreviaturas da designação inglesa de "fabrication laboratory".

[657] Acrónino inglês de "Computer Numerical Control".



Figura 137. Protótipo 4: estudos prévios.

(1) Testes com espessuras diferentes e (2) espaçamento do eixo X (24mm) e espaço inferior para inserção de imagem.

Primeiro protótipo 4 funcional

Depois do estudo dos diversos espaçamentos, foi escolhida a matriz 18X8Y, com um espaçamento horizontal de 16mm (Apêndice C 19, Apêndice C 27, Apêndice C 28) no eixo X e 24mm no eixo Y (Apêndice C 9, Apêndice C 10, Apêndice C 28). A espessura das camadas de gelatina foi de 5mm, excepto a camada superior com 3mm, apenas para selar o encordoamento superior[658].

Foi com esta versão que foram montados os circuitos electrónicos e a ligação com a placa *Arduino* e computador (Figura 138). Foi assim possível ter uma base sólida e estável para o início da programação[659]. Foi com este protótipo que foi executada – na fase de implementação do *software* –, com alguma competência a primeira melodia, segundo os critérios estabelecidos (Vídeo Anexo 15, p. 315).

[658] Posteriormente retirada e substituída por uma área de plástico fino e transparente.

[659] Programação mais básica e prévia à efectuada no "Capítulo 6 - Implementação de Software".

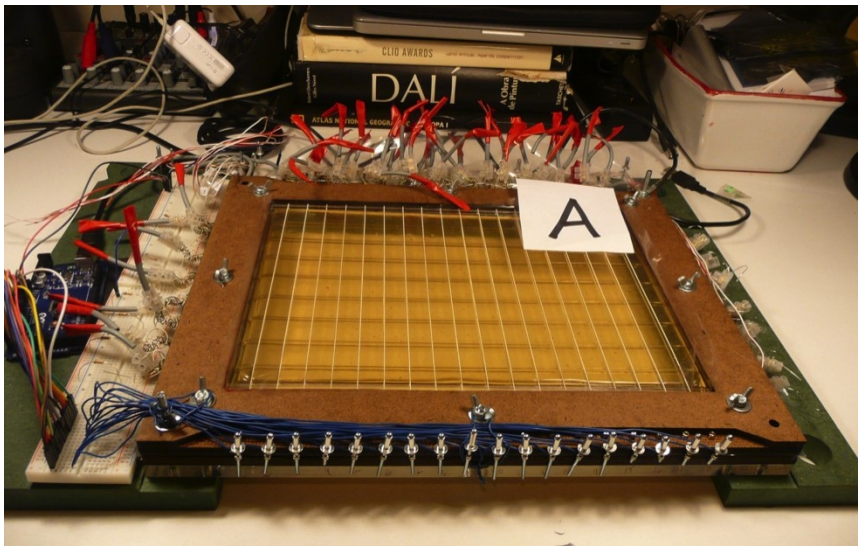


Figura 138. Protótipo 4: primeira versão funcional (03.02.2015).

Degradação do protótipo

Depois do passo anterior, foi desenvolvida a aplicação de *software* descrita nos subcapítulos "6.3 - Estudo das Disposições Visuais" e "6.4 - Implementação do Instrumento Base"[660]. Esse período foi temporalmente longo[661] e sem necessidade de utilização do *hardware*[662], que se foi degradando paulatinamente. Por conseguinte, o retorno à parte do *hardware* e respectiva ligação ao *software* foi marcada com uma grande degradação do *protótipo 4*. A humidade das camadas de gelatina e o contacto com o ar acabou por oxidar grande parte do encordoamento superior, desfazendo a sua integridade física; e formando, na gelatina à volta do encordoamento, uma espécie de "queimado" isolante, fruto da reacção química.

Quaisquer que sejam as razões do sucedido, a crosta escura tornou-se electricamente isolante (Vídeo Anexo 11), o que – juntamente com a perda da transparência desejada – comprometeu irremediavelmente a sua utilização (Figura 139). Além disso, o encordoamento desfez-se parcialmente no seu interior[663], perdendo o esticamento (Vídeo Anexo 12).

---

[660] Neste último subcapítulo exceptua-se tudo o que diz respeito ao mecanismo e especificidades *tablet*, entretanto desenvolvidas mais tarde no âmbito do *protótipo 5*.

[661] Abril de 2015 a Novembro de 2016, não incluindo a parte *tablet* e aplicações subsequentes.

[662] O próprio desenvolvimento da aplicação continha uma funcionalidade *random*, que permitia o seu funcionamento sem *hardware*, funcionando também como simulador, como se verá no subcapítulo "6.4 - Implementação do Instrumento Base".

[663] Uma vez que o material condutor é um fio interior com um bordão exterior.



Figura 139. Degradação do protótipo 4.

Vídeo Anexo 11. Perda de condutibilidade eléctrica.

Vídeo Anexo 12. Degradação do protótipo 4 original.

O problema do ecrã

O espaço reservado para a colocação de imagens, foi uma escolha arbitrária, definida pelo tamanho de uma folha de papel A4. Não se decidiu, *a priori*, a obrigatoriedade de inclusão de um ecrã dentro do protótipo. Seria muito bem-vinda, mas poderia ser feita mais tarde. Quais as razões desse procedimento? Em primeiro lugar, porque sem a implementação de uma base de aquisição contínua do eixo Z, o projecto perdia a sua pertinência, pelo que foi necessário assegurar a aquisição táctil. Em segundo lugar, e de forma muito pragmática, a imagem do ecrã poderia ser substituída, durante o processo de prototipagem, por imagens em papel, tantas quanto fossem necessárias para o desenvolvimento da parte táctil do *hardware*. Em terceiro lugar, seria sempre implementada a visualização em ecrã em separado, o que é diferente da integração num bloco único. Sobre este último aspecto, repare-se na diferença dos suportes exibida na Figura 140: na imagem da esquerda existe uma área recortada para sobrepor a um ecrã, imagem luz ou imagens em papel; na imagem da direita o suporte foi desenhado tendo em conta um a inclusão de um modelo concreto de ecrã, podendo o protótipo funcionar como um dispositivo unificado.

Felizmente foi possível desenvolver a solução mais integrada, utilizando um ecrã com ligação USB, redesenhando a base do protótipo e aproveitando por completo a restante estrutura (Figura 140-2). A grande diferença em relação à versão original – para além do encaixe do ecrã –, é o posicionamento da electrónica envolvente, que passou da esquerda para a direita, de forma a acomodar a referida entrada USB.

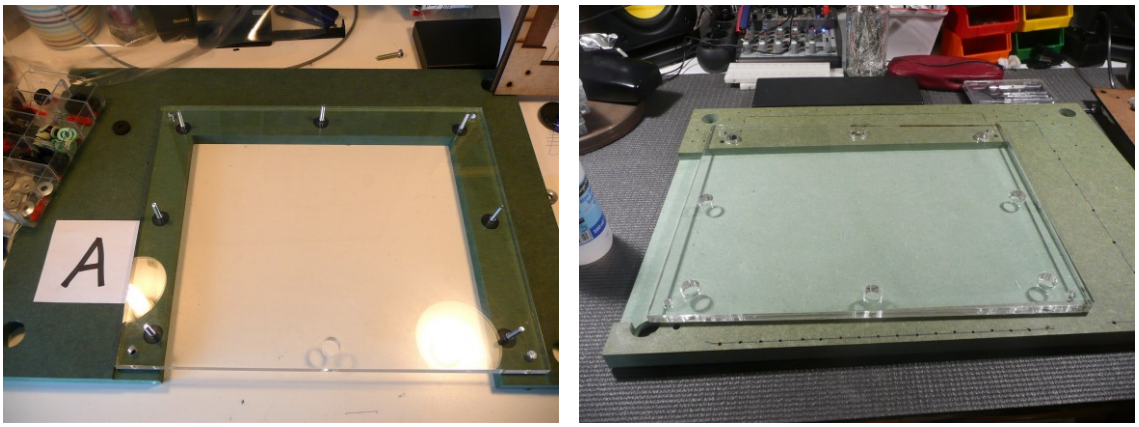


Figura 140. Diferença entre suporte inicial e suporte para ecrã *ASUS MB168B*.

(1) Suporte inicial com entrada sul; (2) suporte redesenhado com entrada lateral para acomodar ecrã com ligação USB ao computador central. As dimensões gerais são equivalentes, o que muda é o local da entrada e o modo de encaixe do ecrã (passando de simples sobreposição para acomodamento interno).

Versão contínua

Desmantelado o *protótipo 4* inicial, foram construídas duas versões: uma contínua e outra semi-contínua (Figura 141). A versão contínua é equivalente à versão original, onde todo o encordoamento é mediado por gelatina, havendo variação de resistência eléctrica entre o alinhamento vertical e horizontal de cada um dos circuitos X e Y.

As únicas modificações em relação à implementação original foi a alteração do suporte base e a montagem de encordoamento em aço inox de forma a eliminar, ou pelo menos retardar, a sua degradação. Estes dois melhoramentos foram também aplicados à versão semi-contínua.

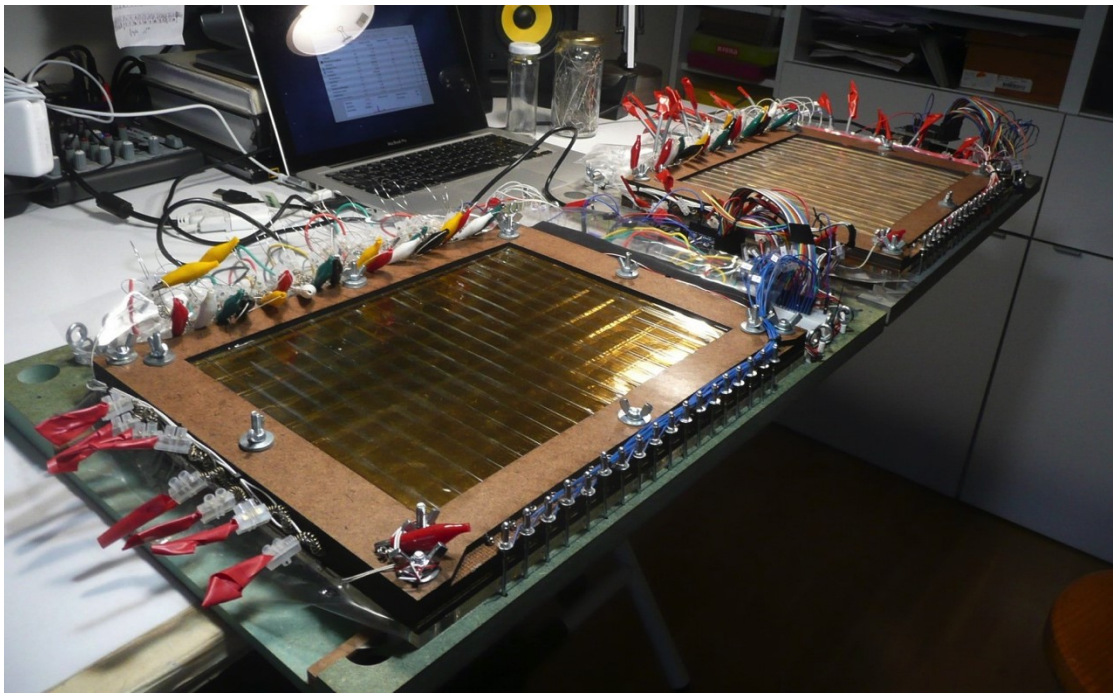


Figura 141. Protótipos 4: versão contínua (esquerda) e versão semi-contínua (direita).

Versão semi-contínua

Esta versão destaca-se pelo intercalar de acrílicos entre cada alinhamento contíguo, nos eixos X e Y (Figura 142, Apêndice C 15, Apêndice C 16, Apêndice C 25). Com este procedimento, a variação de resistência processa-se apenas entre o encordoamento sobreposto, uma vez que o acrílico é um material isolante.

O propósito deste procedimento foi concentrar a variação da resistência apenas no encordoamento sobreposto, proporcionando, em teoria, resultados mais contrastados no eixo Z. A contrapartida seria a perda de valores intermédios nos alinhamentos contíguos X e Y na zona pressionada.

Explicando por outras palavras, vai ser comparada a aquisição de pressão das duas versões. Na *versão contínua*, quando um alinhamento é pressionado, os alinhamentos contíguos também são influenciados, ou seja, quando uma corda é pressionada, as cordas contíguas também sofrem alguma compressão. Exemplificando com um conjunto de valores adquirido adquirido em 3 cordas contíguas (correspondentes a 3 colunas do eixo X):

$$Corda_{n-1} = 0.23;\ Corda_n = 0.56;\ Corda_{n+1} = 0.11$$

Em que $Corda_n$ corresponde à entrada analógica com o valor de aquisição mais elevado; $Corda_{n-1}$ corresponde à da entrada analógica contígua do lado esquerdo de

$Corda_n$; $Corda_{n+1}$ corresponde à entrada analógica contígua do lado direito de $Corda_n$. Os valores de aquisição variam entre 0 (mínimo) e 1 (máximo), com intermédios valores com uma resolução de 1/100 de unidade.

Sendo assim, e para efeitos de modulação de altura, a frequência atribuída a $Corda_n$ pode ser alterada com a diferença entre $Corda_{n+1} - Corda_{n-1}$, ou seja, $0.11 - 0.23 = -0.12$. Isto significa que, neste exemplo, à frequência base atribuída a $Corda_n$ pode ser aplicado um determinado coeficiente para que se aproxime da frequência de $Corda_{n-1}$. Tendo em conta que este processo é feito várias vezes por segundo, a variação do diferencial entre $Corda_{n+1} - Corda_{n-1}$ vai gerar um efeito de *vibrato* (neste caso associado à altura do som).

Com a versão *semi-contínua* esse diferencial não é aplicável, uma vez que o isolamento de acrílico não permite variações de corrente nos alinhamentos contíguos dos eixos X e Y embora, em teoria, permita concentrar a variação de valores no alinhamento pressionado.



Figura 142. Protótipo 4 semi-contínuo: pormenores da montagem

A camada inferior do eixo Y é constituída por tiras estreitas de gelatina inseridas numa estrutura de acrílico (esquerda). Na camada superior, referente ao eixo X, optou-se por intercalar tiras de gelatina com segmentos de acrílico (direita). Entre as duas camadas foi disposta uma folha de gelatina envolvida em plástico transparente para servir – simultaneamente – de isolante e enchimento de espaço (esquerda). Esse enchimento imprevisto foi necessário para ajustar a altura do encordoamento eléctrico às molduras disponíveis.

A superfície do modelo semi-contínuo, devido ao intercalar de gelatina e acrílico, apresenta um algum relevo, pelo que a medição da pressão teve de recorrer a um pequeno suporte (Figura 143, Vídeo Anexo 13).

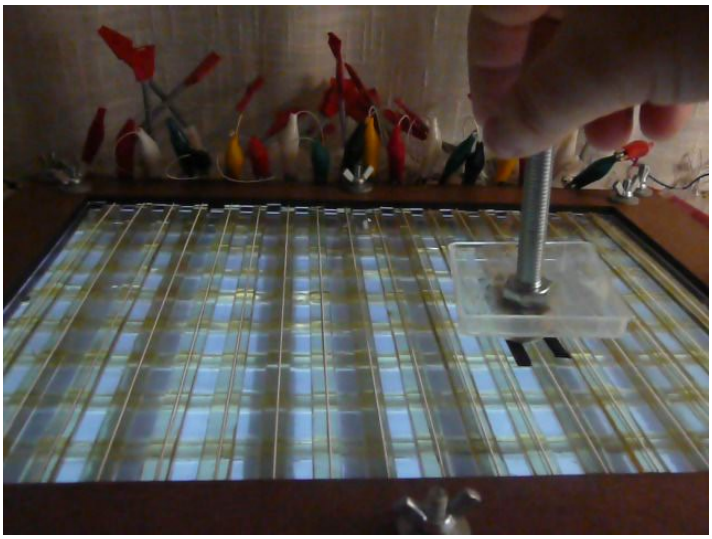


Figura 143. Fotograma do Vídeo Anexo 13.

Vídeo Anexo 13. Protótipo 4 semi-contínuo: teste de pressão-intensidade.

Os resultados foram, em parte, os esperados, ficando a sensação que, de facto, houve alguns ganhos na amplitude dos dados adquiridos. Contudo – e convém realçar –, esse ganho é menor do que a diferença entre algumas as maiores desigualdades encontradas no eixo X dentro do próprio protótipo[664]. Além disso, ao conter menos matéria deformável, as variações de corrente conseguidas através da pressão são menos duradouras e mais imprevisíveis que as homólogas do modelo contínuo.

Estas impressões iniciais não foram quantificadas, uma vez que eventuais mais-valias não compensariam a supressão da micro-variação e continuidade de altura, para além de ser uma solução de *hardware* mais complexa de montar, menos calibrável e com um funcionamento menos fiável.

5.5. PROTÓTIPO TABLET-BALANÇA

5.5.1. Protótipo 5

Este protótipo foi desenvolvido depois do grosso da programação do instrumento base – adstrita ao *protótipo 4* – estar feita. A ideia já tinha surgido antes e, tendo em conta o investimento feito na programação e a elevada simplicidade de *hardware*, foi decidida a sua implementação em Novembro de 2016, embora, inevitavelmente, prolongasse um

[664] O protótipo é de difícil calibração e dependente de diversas variáveis como a homogeneidade da espessura, compressão e torção da gelatina; para além do esticamento do encordoamento, feito apenas com o objectivo de obter uma fixação esticada, podendo haver diferenças entre cada elemento.

pouco mais a generalidade da investigação. Foi uma maneira de aproveitar a programação e aplicá-la numa solução de *hardware* mais estável. Para além disso, como se verá adiante, tornou-se numa importante base de desenvolvimento de aplicações de vários tipos: manipulação de imagem, manipulação de vídeo, desenho. Estes novos desenvolvimentos encontram-se explanados no "Capítulo 8 - Aplicações Complementares"

A ideia do *protótipo 5* é muito simples: se o problema do ecrã é a falta de aquisição precisa e contínua do eixo Z, faça-se apenas isso. E o que mede bem isso num objecto tangível e globalmente disposto num plano? Uma balança de cozinha, por exemplo (Figura 144, Vídeo Anexo 14).

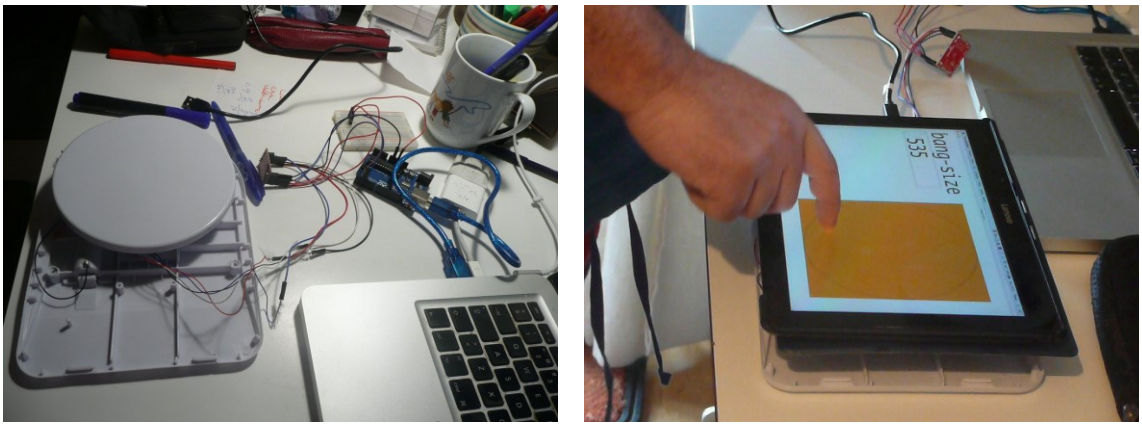


Figura 144. (1) ligação de balança de cozinha ao *Arduino*; (2) Fotograma do Vídeo Anexo 14.

Vídeo Anexo 14. Visualização da resposta à pressão através de alteração ao tamanho de um quadrado.

Aproveitando a necessidade de obter uma base mais estável, o tabuleiro superior foi pensado e executado com diversas furações, caso haja necessidade fixar dispositivos e ecrãs de várias dimensões (Figura 145-1, Apêndice C 34, Apêndice C 35, Apêndice C 36).

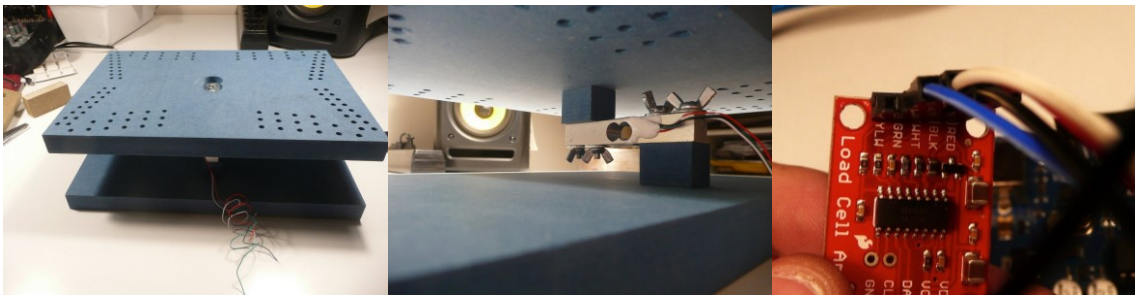


Figura 145. (1) Suporte para dispositivos móveis; (2) Pormenor da célula de carga; (3) Ligações ao amplificador de sinal HX711[665].

Adenda ao estado da arte

Convém referir que a implementação deste protótipo surgiu em contexto de implementação prática, onde foi encontrada uma solução muito pragmática. Ao contrário das soluções gelatinosas, não houve uma pesquisa aprofundada de soluções comparáveis, até porque no início da investigação não contemplava a interacção directa com ecrã. De lembrar que em 2010 não havia a tecnologia *3D Touch*, que a deformação da gelatina foi considerado uma mais-valia, que a possibilidade de aquisição de vários pontos de pressão simultâneos com diferenciação de valores um aspecto muito inovador, e que a própria implementação do *protótipo 4*, a partir do momento em que foi considerada a mais adequada, consumiu muito tempo e energia, quer na parte da estrutura, quer na construção do *patch* do instrumento principal.

Posto isto, convém devem ser mencionadas soluções equivalentes e anteriores ao *protótipo 5*. A utilização de FSR tinha sido sugerida por Essl, Rohs, & Kratz (2010), juntamente com acelerómetros para aquisição do impacto de intensidade e com a tamanho da zona de contacto para estimativa de pressão. O *Fortissimo* junta os próprios acelerómetros do *tablet* com uma série de almofadas tácteis posicionadas por baixo do dispositivo (T. H. Park & Nieto, 2013). Já a plataforma *NUANCE* utiliza 4 FSR nas esquinas da moldura de encaixe, permitindo adicionar vários tipos de ataques, proporcionando velocidade acrescida em relação à tecnologia *3D Touch* utilizada pelo *Apple iPhone 6* (Michon, Smith, Chafe, Wright, & Wang, 2016). Cada um destes sensores está associado a um oscilador que vai usar a modulação de amplitude para entrar via *jack audio* para o *tablet*, sendo a aplicação desenvolvida optimizada para 4 zonas de percussão no ecrã.

[665] https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf

Em termos solução técnica, nenhuma destas soluções é igual à apresentada no *protótipo 5*, embora seja evidente o elevado interesse de todas elas.

Por fim, convém relembrar que o *protótipo 5*, por usar uma plataforma tipo balança, admite vários tamanhos e pesos de ecrã, sendo a aquisição da pressão contínua independente do próprio ecrã.

5.5.2. Comparação do protótipo 4 e protótipo 5

Há uma grande diferença conceptual entre estes dois protótipos: enquanto que no *protótipo 4* a aquisição dos eixos XYZ é feita através da superfície de aquisição gestual sobreposta ao ecrã; no *protótipo 5* a aquisição dos eixos XY é feita directamente através do ecrã, sendo a aquisição do eixo Z realizada através da célula de carga do acoplada. Sendo assim, o ecrã do *protótipo 4* é utilizado apenas para efeitos de visualização; enquanto que no *protótipo 5* acumula as funções de visualização e rastreamento posicional XY. E por fim, o *protótipo 4* resulta da evolução técnica dos protótipos anteriores, mantendo a mesma filosofia; enquanto que o *protótipo 5* parte de outro pressuposto, aproveitando a programação entretanto feita.

O *protótipo 4* tem como ponto de partida a excelência do tacto com adição visual, sendo a inspiração uma espécie de *Continuum Fingerbord* visualmente configurável. O *protótipo 5* tem como ponto de partida a excelência do rastreamento XY de um ecrã com adição de aquisição contínua de tacto.

Em relação ao *protótipo 5*, fica a interrogação se este não poderia ter sido a essa a opção inicial. Sim, poderia. E até poderia ter incorporado outro tipo de sensores e soluções tecnológicas. Mas, depois do caminho feito, é natural que sejam equacionadas alternativas ao caminho feito. Mais difícil é avaliá-las antes da caminhada. E, nesse sentido, o *protótipo 5* beneficiou imenso do trabalho feito com os seus antecessores, nomeadamente na experiência de prototipagem e programação.

Para finalizar, é necessário contextualizar as vantagens e desvantagens de cada solução. Cada uma tem as suas idiossincrasias, nenhuma tem tudo o que o outra tem. Sendo assim, como se verá de seguida, é perfeitamente justificável a existência das duas tipologias.

Protótipo 4

O sistema de aquisição gestual é complexo, mas permite a aquisição de 18 pontos em simultâneo no eixo X, sendo cada um deles independente dos restantes. Isto significa que a sua utilização harmónica pode ser bastante sofisticada, quer pelo número de vozes, quer por soarem com diferentes intensidades. A sensação táctil é também recompensadora, uma vez que sendo a superfície deformável, transmite um retorno físico da pressão exercida.

Apesar das capacidades atrás descritas, o *hardware* é bastante instável: a sua fiabilidade é delicada, uma vez que tem muitas ligações não soldadas; a sua calibração muito dificultada pelas irregularidades dos seus componentes (torção da gelatina, homogeneidade da mistura, tensão do encordoamento e histerese); e por fim, o alinhamento visual é limitado à matriz de 18X8Y, ou seja, a representação visual tem de estar em consonância com o número e posicionamento absoluto do encordoamento de aquisição de pressão. Existe também algum efeito de paralaxe, uma vez que a parte superior da superfície de contacto dista dois centímetros da imagem luz do ecrã.

Contudo, há que salientar, que o *protótipo 4* é um dispositivo instrumental com uma coerência muito própria e, onde algumas das suas características, mesmo que teoricamente inconvenientes, acabam por deixar uma marca de originalidade que se manifesta de forma sonora. Não é um dispositivo instrumental para quem procura semelhanças com outros dispositivos, mas sim para quem esteja disposto a tirar vantagem das suas diferenças.

Vantagens:

- Aquisição de até 18 pontos em simultâneo no eixo X;
- Aquisição de até 8 pontos independentes no eixo Y;
- Deformação da superfície;
- Instrumento bem delimitado.

Desvantagens:

- *Hardware* instável (fiabilidade, calibração e tempo de vida);
- Sensibilidade à pressão limitada (amplitude e velocidade de resposta);
- Alinhamento visual restrito (18X8Y).
- Visualização com paralaxe.

Protótipo 5

Este dispositivo, mais que um protótipo instrumental, é uma plataforma para desenvolvimento de aplicações visuais que tirem partido do rastreamento contínuo e multidimensional dos eixos XYZ. O *hardware* é fiável, simples do ponto de vista do utilizador e a sua resolução visual tem apenas como limite o próprio ecrã acoplado. A

plataforma pode ser utilizada por qualquer ecrã com rastreamento XY, o que não vincula a utilização de modelos ou dimensões específicas[666].

Devido às vantagens atrás descritas, este protótipo torna possível o desenvolvimento de aplicações musicais e sonoras diversificadas, expandindo o conceito instrumental inicialmente proposto, como será exposto nos subcapítulos "6.5 - Continuum Screenboard" e em todo o "Capítulo 8 - Aplicações Complementares".

Como reverso da medalha, a aquisição do eixo Z – apesar de eficiente e muito fiável –, é limitada a um único ponto, ou seja, a pressão total exercida no dispositivo, como um todo pela célula de carga. Este é, eventualmente, um aspecto que pode ser trabalhado mais tarde, aproveitando o rastreamento múltiplo que determinados ecrãs permitem. Acresce que, em termos tácteis, a sua superfície rígida não proporciona o mesmo retorno táctil do *protótipo 4*.

Por fim, e não sendo um aspecto propriamente negativo, falta algum "agrafo" idiossincrático do próprio *hardware*. Em termos instrumentais, e dentro do conceito inicial da investigação, se por um lado deixa em aberto mais possibilidades de evolução, por outro lado não transmite a mesma sensação de originalidade e circunscrição instrumental presente no *protótipo 4*. Todavia, este aspecto não deve ser levado demasiado à letra, uma vez que, tratando-se de um protótipo, é a futura utilização que validará a presente avaliação.

Vantagens:

- *Hardware* fiável;
- Resolução visual excelente;
- Boa sensibilidade à pressão;
- Conceito de *hardware* universal;
- Conceito instrumental aberto...

Desvantagens:

[666] Dentro dos limites razoáveis. Para esta plataforma concreta, o tamanho máximo aconselhado é de 13 polegadas na diagonal. Mas acoplando um tabuleiro superior de maiores dimensões, esse limite aumentaria bastante, até perfazer os 10kg do limite da célula de carga. E, caso fosse necessário, poder-se-ia utilizar uma célula de carga com um limite de peso superior. As desvantagens deste crescimento seria, como é natural, a perda de sensibilidade a pequenas variações de pressão e o aumento da inércia devido ao aumento da massa. Por outro lado, também se poderia argumentar que a utilização de um ecrã de 50 polegadas provavelmente seria diferente de um ecrã de 10 polegadas, até pelo próprio posicionamento do utilizador. Mas, para circunscrever a especulação, é um facto que esta plataforma não vincula a utilização de modelos e dimensões específicas, havendo sempre um limite a partir do qual a fisicalidade das coisas altera a sua própria utilização.

- Conceito instrumental aberto...
- Apenas um ponto de aquisição de pressão;
- Superfície não deformável.

5.5.3. Conclusão

Fazendo uma súmula do desenvolvimento da prototipagem – servido a mesma de explicação da Figura 146 –, os limites da imaginação preconizavam um conceito instrumental esculturalmente configurável, conciliando a excelência do tacto com o conceito de *átomos radicais* (Figura 146, ART + tacto). Seria o perfeito, ainda que não concretizável.

Algo mais realista seria a concretização de uma superfície tangível (Figura 146, TUI) altamente sensível ao tacto. Contudo, foi preconizada a não inclusão de objectos nem acessórios corporais, pelo que uma superfície táctil com projecção de imagem seria uma opção a ter em conta (Figura 146, TUI – mãos livres + luz).

Outra perspectiva foi partir directamente de algo com características tácteis bem destacadas (Figura 146, TACTO), à qual a sua transparência permitiria a sua sobreposição a um ecrã, delimitando melhor o âmbito e espaço da imagem luz. Foi esse o caminho seguido pelo *protótipo 4*.

Por fim, seria admissível partir da imagem luz e conferir-lhe capacidades tácteis. Poderia ser luz projectada em algo ou poderia estar circunscrita a um ecrã (Figura 146, LUZ). A partir do momento em que foi adicionado a aquisição táctil e contínua do eixo Z ao rastreamento XY, foi implementada a solução do *protótipo 5*. Como apenso, fica a possibilidade de, no futuro, o próprio dispositivo com ecrã centralizar a aquisição centralizada *cmXYZ*.

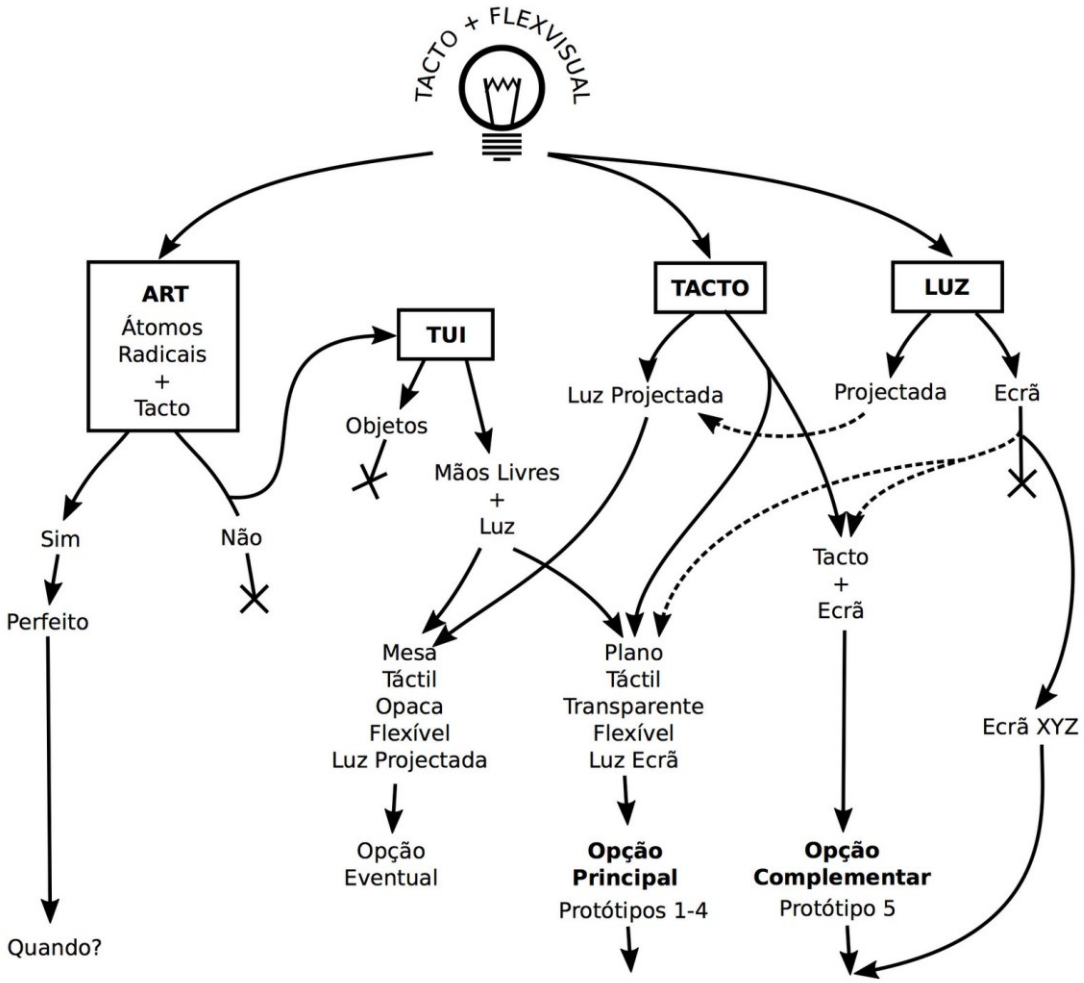


Figura 146. Esquema conceptual da implementação de hardware.

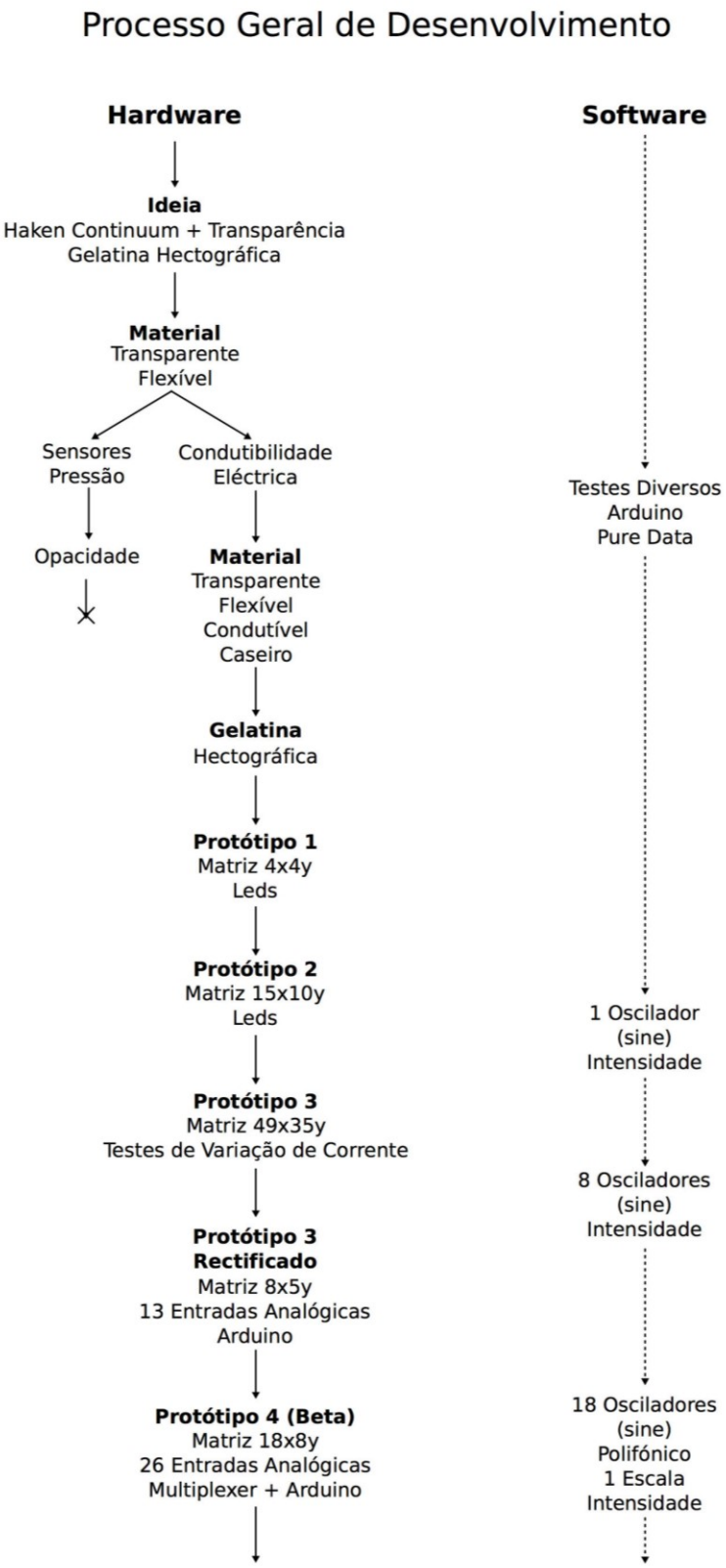


Figura 147. Processo geral de desenvolvimento (1ª parte).

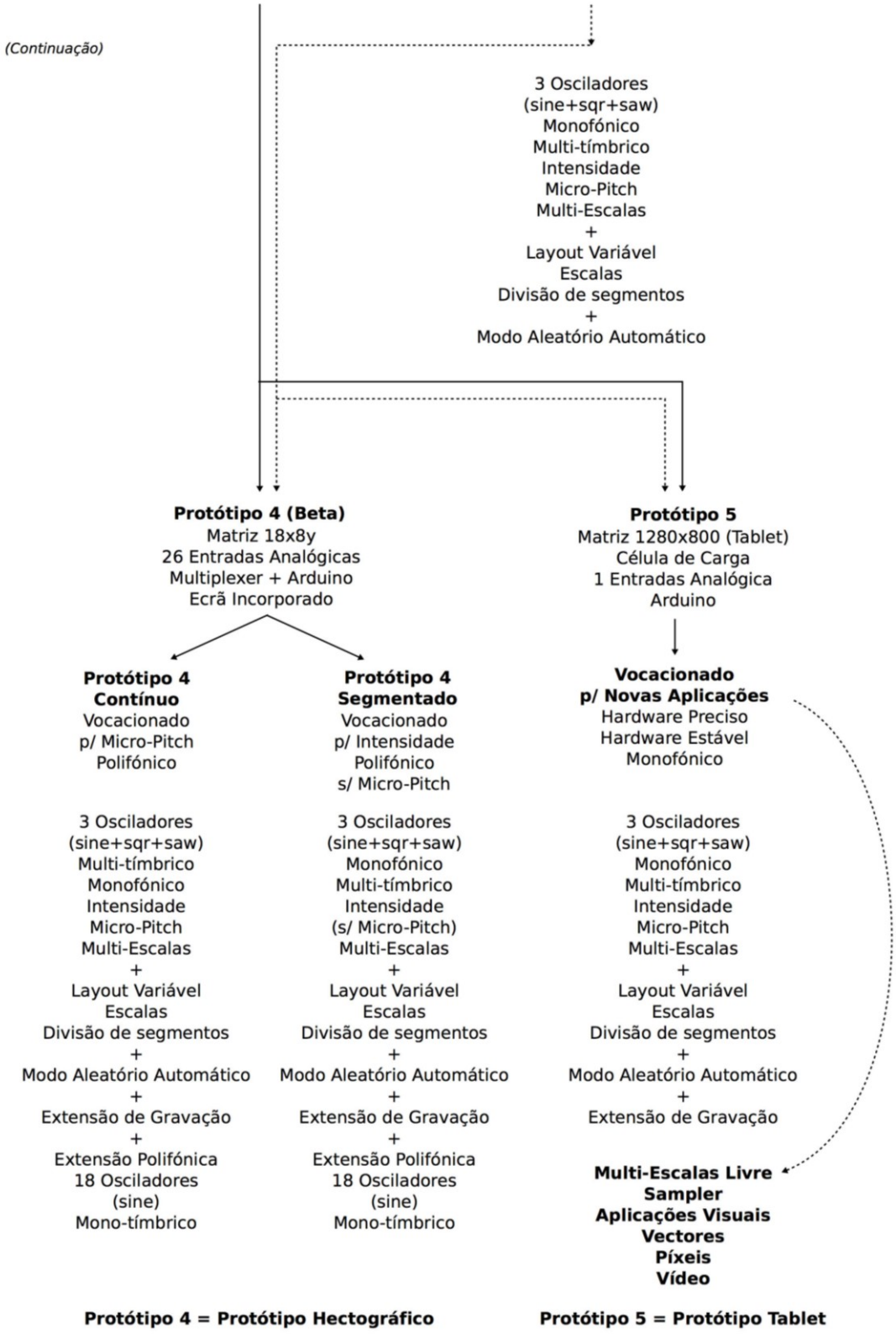
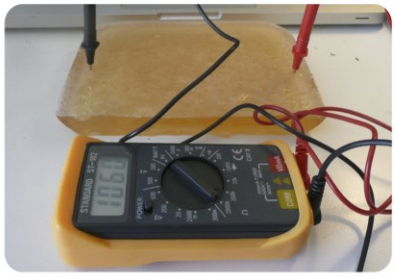


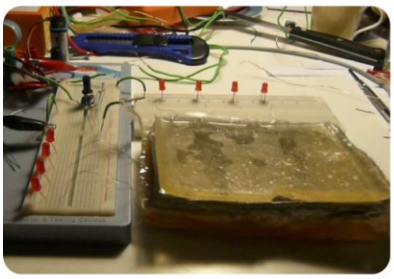
Figura 148. Processo geral de desenvolvimento (2ª parte).



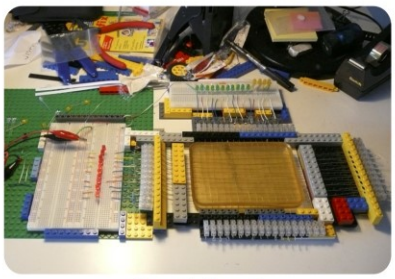
Gelatina Hectográfica
Transparente
Flexível
Caseira



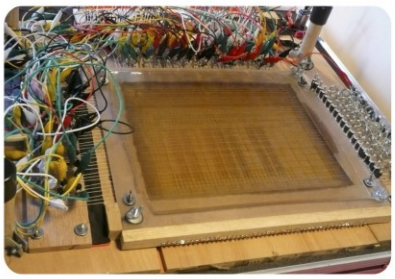
Condutibilidade Eléctrica



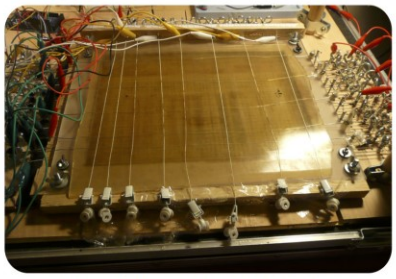
Protótipo 1
Matriz 4x4y
Leds



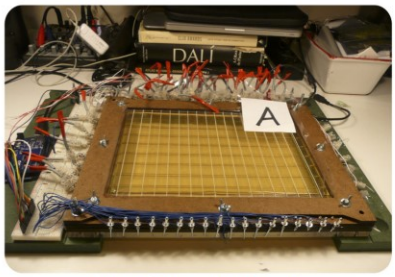
Protótipo 2
Matriz 15x10y
Leds



Protótipo 3
Matriz 49x35y
Testes de Variação de Corrente



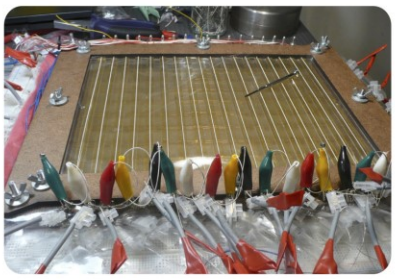
Protótipo 3 Rectificado
Matriz 8x5y
13 Entradas Analógicas
Arduino



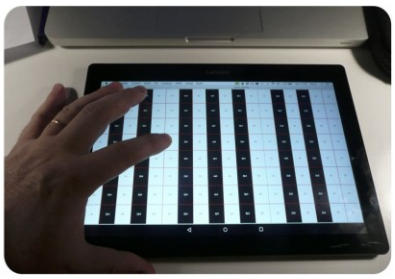
Protótipo 4 (Beta)
Matriz 18x8y
26 Entradas Analógicas
Multiplexer + Arduino



Protótipo 4 Contínuo
Matriz 18x8y
26 Entradas Analógicas
Multiplexer + Arduino
Protótipo Hectográfico



Protótipo 4 Segmentado
Matriz 18x8y
26 Entradas Analógicas
Multiplexer + Arduino
Protótipo Hectográfico



Protótipo 5
Matriz 1280x800y (ecrã)
Célula de Carga
1 Entrada Analógica Arduino
Protótipo Tablet

Figura 149. Sequência de prototipagem.

Capítulo 6 - Implementação de Software

6.1. VISÃO GERAL

Para melhor perceber a programação e mapeamento, há que distinguir os modos de aquisição dos protótipos. No *protótipo hectográfico* (protótipo 4) a aquisição de dados[667] é centralizada na superfície de aquisição gestual embora com uma dupla camada de aquisição: um posicionamento X com determinado valor Z; e um posicionamento Y com determinado valor Z (Figura 150). Estes conjunto de valores XZ e YZ vai determinar o posicionamento XY sendo aproveitado o maior valor Z do eixo X para determinar a intensidade. Todos estes dados entram para o computador via placa *Arduino* com *multiplexer* (26 entradas analógicas).

No *protótipo tablet* (protótipo 5) a aquisição de dados é descentralizada: o posicionamento XY é feito directamente na superfície de aquisição gestual, sem distinção contínua do valor Z (apenas sim ou não); enquanto que o valor Z é adquirido de forma independente pela célula de carga (Figura 150). O posicionamento XY entra para o computador via USB, funcionando o *tablet* como um monitor externo com capacidade interactiva. O valor Z entra no computador via amplificador de célula de carga HX711[668] e placa *Arduino*.

O mecanismo *Random* simula a aquisição analógica do protótipo hectográfico, sendo uma particularidade da programação e mapeamento do instrumento base, funcionando exclusivamente dentro da linguagem de programação visual *Pure Data*.

---

[667] Não confundir aquisição de dados com aquisição gestual. No contexto desta exposição – e apesar de parecerem semelhantes –, a aquisição de dados diz respeito à particularidade dos sensores e modo de captura de informação; enquanto a aquisição gestual é mais genérica e diz respeito à globalidade da interacção física humano-máquina.

[668] https://www.sparkfun.com/products/13879

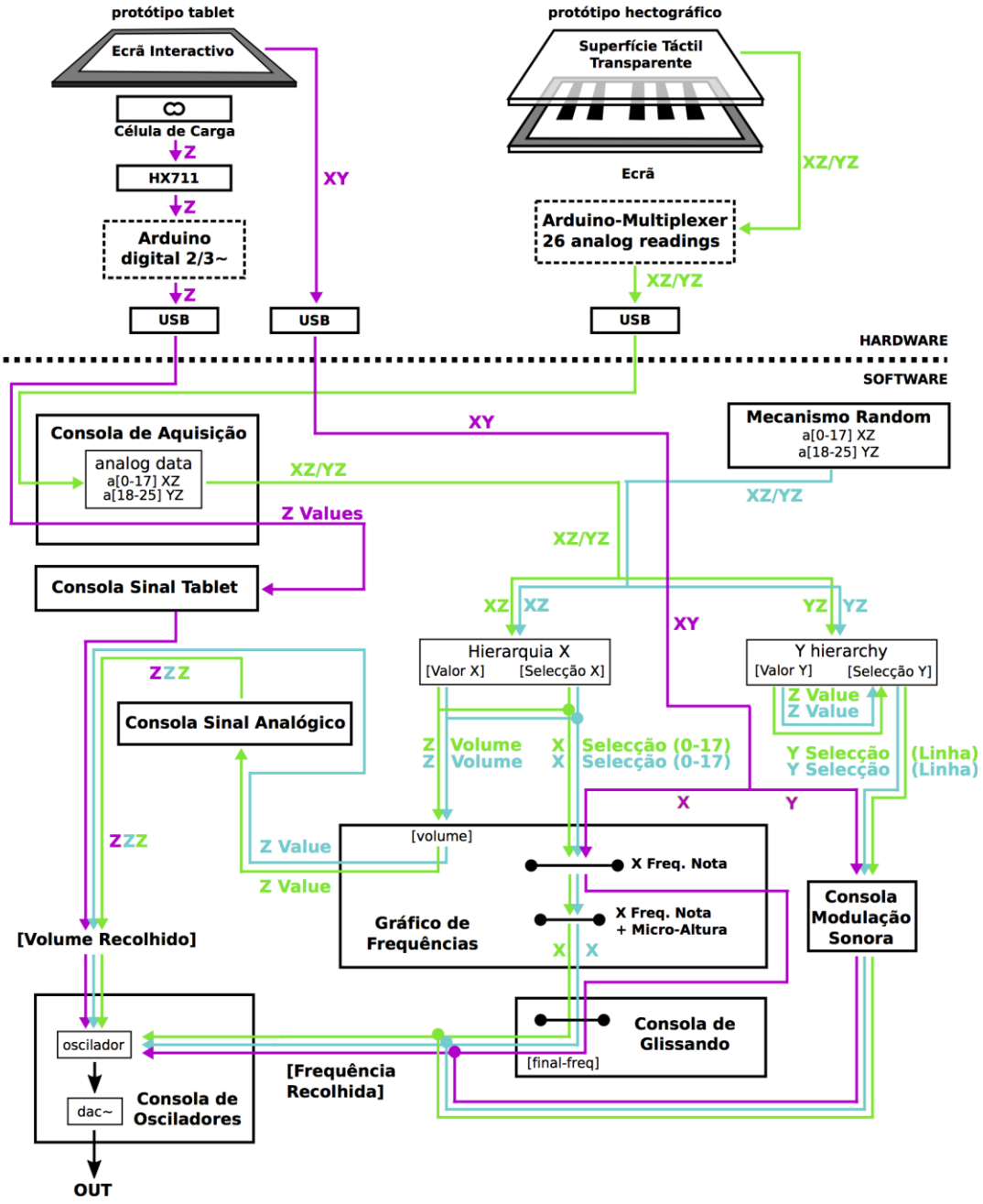


Figura 150. Integração geral da programação e mapeamento do Instrumento Base.

MAGENTA: modo de aquisição "**tablet**". Posicionamento XY no próprio ecrã. Separação do X para altura do som e Y para qualidade do som. Mais tarde juntam-se para entrarem nos osciladores. Eixo Z (intensidade) segue o seu próprio caminho até à entrada nos osciladores. **VERDE**: modo de aquisição "**analogic**". A aquisição das coordenadas X contêm valores Z independentes; o mesmo acontece com as coordenadas Y. Mais tarde é feita a hierarquia do maior valor Z do eixo X. Esse valor (i) selecciona uma coordenada X que determina a frequência e (ii) serve de intensidade para a mesma. Os valores altura intensidade são assim separados e tratados, para depois entrarem nos osciladores. Anteriormente também sido feita a hierarquia do maior valor Z do eixo Y. Esse valor selecciona uma coordenada Y que segue para a consola de qualidade do som. Contudo, os valores de intensidade Y são apenas utilizados para determinar o maior valor do eixo Y e, consequentemente, o seu posicionamento. **AZUL**: modo de aquisição "**random**". É tudo igual ao modo de aquisição "analogic", só que os valores de aquisição gestual são gerados aleatoriamente.

6.2. ESCOLHA DE SOFTWARE

Para a implementação do projecto foram utilizados três tipos de *software*: *Pure Data*[669], *Arduino*[670] *IDE*[671] e *TwomonUSB*[672]. A utilização dos mesmos é bem diferenciada e adstrita a funções bem definidas, sendo as duas primeiras linguagens de programação e o último uma aplicação comercial.

Pure Data

Foi através desta linguagem de programação visual[673] que foi feito tudo o que diz respeito ao tratamento de dados recebidos da placa *Arduino*, mapeamento das acções, representação visual e síntese sonora. Basicamente, corresponde a tudo aquilo que é posterior ao envio de dados da placa *Arduino*, ou seja, à quase totalidade da programação.

Arduino IDE

A utilização deste ambiente de desenvolvimento integrado diz respeito à aquisição de todos os dados do *protótipo 4*; bem como os dados do eixo Z do *protótipo 5*. No primeiro caso diz respeito a 26 entradas analógicas (Apêndice D 7), no segundo a apenas uma (Apêndice D 8).

Em suma, o trabalho efectuado limitou-se ao estritamente necessário para o envio dos dados atrás referido para o computador onde corre o *Pure Data,* centralizando ao máximo a programação neste último *software*.

TwomonUSB

Esta aplicação foi utilizada como como elemento de ligação entre o *tablet* usado no *protótipo 5* – que possui o seu próprio sistema operativo – e o computador central. Assim sendo, o próprio *tablet* funciona como um monitor interactivo externo, sendo simultaneamente exibidor de imagem e receptor táctil do posicionamento XY. De notar, como já foi dito, que a aquisição do eixo Z é feita de modo complementar pela placa *Arduino*.

Existem no mercado variados programas similares, seja por ligação USB ou *wireless*. Foi experimentada uma aplicação *sem-fios* mas, havendo quebras de comunicação constantes, optou-se por uma ligação por cabo.

---

669 https://puredata.info/

670 https://www.arduino.cc/en/Main/Software

671 Integrated development environment

672 http://www.easynlight.com/en/twomonusb/

673 Pure Data 0.43.4-extended

Mais recentemente surgiram no mercado ecrãs tácteis com ligação USB, pelo que a utilização destes periféricos dispensaria a utilização de *tablets* e, consequentemente, a dispensa de aplicativos de ligação, uma vez que o sistema operativo do computador central passaria a ser o único necessário.

6.3. ESTUDO DAS DISPOSIÇÕES VISUAIS

Sendo a flexibilidade visual uma das premissas desta investigação, importa realizar um estudo prévio da resolução visual, elementos exibidos e respectivas possibilidades de combinação.

6.3.1. Matriz visual

Primeiro que tudo, deve ser explicado que a matriz visual utilizada advém da disposição física do encordoamento do *protótipo 4*. O material condutor dispõe-se em 18 rectas no eixo X e 8 no eixo Y (Figura 151). O cruzamento destes dois eixos vai determinar o centróide de cada um dos 144 rectângulos da implementação visual base (Figura 152).

Cada rectângulo, para efeitos de disposição visual e mapeamento, vai ser identificado individualmente, de acordo com a Figura 154. De notar que esta figura mantém a proporção geométrica utilizada no *protótipo 4*, ou seja, de 1,5 de altura para 1 de largura, derivada da disposição de 16x24mm (ver secção "5.4.4 - Protótipo 4").

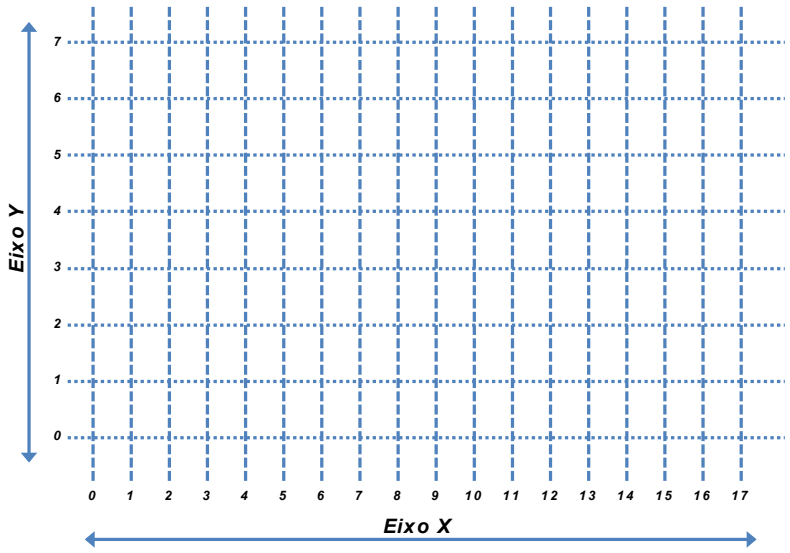


Figura 151. Trama da aquisição de voltagem do protótipo 4 (18x/8y).

Em termos de planeamento da programação, as quadrículas, ao serem aplicadas ao *protótipo 4*, terão de corresponder às dimensões do mundo real, ou seja, a exibição de imagens através ecrã acoplado deverá subjugar-se às dimensões absolutas dos eixos do

encordoamento. Por isso, cada quadrícula corresponde a um determinado número de píxeis, sendo esse número determinado pela resolução do ecrã (calculada pelo número de píxeis contidos numa distância física). O que interessa, uma vez que o encordoamento é imutável, é que cada quadrícula exibida tenha 16x24mm no próprio ecrã, independentemente dos píxeis necessários para perfazer essa grandeza.

A numeração dos eixos segue a convenção da geometria cartesiana, sendo escolhida por razão de hábito.

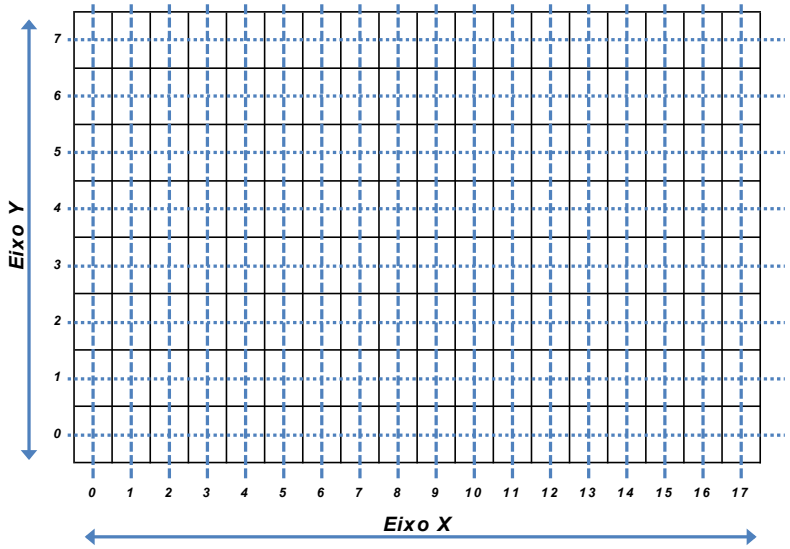


Figura 152. Construção de matriz visual XY.

No momento da construção da primeira versão do *protótipo 4*, e seguindo o princípio prático da interdependência, ainda não tinha sido escolhida uma solução de ecrã, uma vez que teria de considerar variáveis como tamanho, proporção, resolução, alimentação e encaixe da cablagem. Partiu-se do pressuposto que, com maior ou menor precisão, alguma solução deveria ser integrada. Em último caso, poder-se-ia testar o conceito com disposições visuais não mudadas manualmente (Figura 153, Vídeo Anexo 15).



Figura 153. Pormenor de fotograma do Vídeo Anexo 15.

Vídeo Anexo 15. Teste do protótipo 4 beta.

7	7y0x	7y1x	7y2x	7y3x	7y4x	7y5x	7y6x	7y7x	7y8x	7y9x	7y10x	7y11x	7y12x	7y13x	7y14x	7y15x	7y16x	7y17x
6	6y0x	6y1x	6y2x	6y3x	6y4x	6y5x	6y6x	6y7x	6y8x	6y9x	6y10x	6y11x	6y12x	6y13x	6y14x	6y15x	6y16x	6y17x
5	5y0x	5y1x	5y2x	5y3x	5y4x	5y5x	5y6x	5y7x	5y8x	5y9x	5y10x	5y11x	5y12x	5y13x	5y14x	5y15x	5y16x	5y17x
4	4y0x	4y1x	4y2x	4y3x	4y4x	4y5x	4y6x	4y7x	4y8x	4y9x	4y10x	4y11x	4y12x	4y13x	4y14x	4y15x	4y16x	4y17x
3	3y0x	3y1x	3y2x	3y3x	3y4x	3y5x	3y6x	3y7x	3y8x	3y9x	3y10x	3y11x	3y12x	3y13x	3y14x	3y15x	3y16x	3y17x
2	2y0x	2y1x	2y2x	2y3x	2y4x	2y5x	2y6x	2y7x	2y8x	2y9x	2y10x	2y11x	2y12x	2y13x	2y14x	2y15x	2y16x	2y17x
1	1y0x	1y1x	1y2x	1y3x	1y4x	1y5x	1y6x	1y7x	1y8x	1y9x	1y10x	1y11x	1y12x	1y13x	1y14x	1y15x	1y16x	1y17x
0	0y0x	0y1x	0y2x	0y3x	0y4x	0y5x	0y6x	0y7x	0y8x	0y9x	0y10x	0y11x	0y12x	0y13x	0y14x	0y15x	0y16x	0y17x
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Figura 154. Matriz visual base.

6.3.2. Escalas musicais utilizadas

Para ocupação das áreas visuais, por uma questão de demonstração, foram utilizadas escalas comuns na tradição musical ocidental embora, em implementações futuras, o caminho esteja aberto a outras organizações sonoras[674].

[674] Sejam escalas ou outro tipo de sons, como ficheiros áudio, como será abordado no subcapítulos "6.5 - Continuum Screenboard" e "8.1 - Leitor áudio".

Vão ser utilizadas escalas temperadas, ou seja, cuja segmentação seja derivada directamente da divisão da escala em partes iguais, 12 divisões para a escala cromática (ou escala de meios-tons) e 24 divisões para a escala de quarto de tom. A vantagem do temperamento está relacionada com a possibilidade de transposição de alturas, mantendo o mesmo temperamento harmónico[675].

As escalas utilizadas neste estudo são as seguintes:

- Diatónica dó maior;
- Cromática;
- Quartos de tom;
- Tons inteiros[676] (duas tonalidades);
- Pentatónica (duas versões em diferentes tonalidades).

As escalas cromática, quartos de tom e hexatónica, são escalas derivadas da divisão da escala em partes iguais (12, 24 e 6 respectivamente), sendo por isso isométricas e simétricas.

As escalas diatónica e pentatónica são constituídas por intervalos diferentes e não simétricos. Contudo, e tendo em conta a utilização do sistema cromático, o seu encaixe não suscita qualquer constrangimento.

Serão utilizadas duas escalas de tons inteiros, uma a começar em *dó*, outra em *dó#*, cobrindo todas os segmentos da escala cromática.

Serão também utilizadas duas escalas pentatónicas, uma utilizando apenas teclas brancas (dó-ré-mi-sol-lá); outra utilizando teclas pretas (fá#-sol#-lá#-dó#-ré#). Interpolando as duas versões, e sem qualquer tipo de transposição, vão ser assim abarcados 10 segmentos de um máximo de 12 possíveis, ou seja, escala cromática excepto as notas *fá* e *si*.

Por uma questão de simplificação esquemática, nas representações escalares apenas se utilizam sustenidos (#) nas notas alteradas, podendo haver enarmonias.

Utilizando a matriz base, ficam esquematizadas as escalas utilizadas e respectiva representação visual (Figura 155).

As cores utilizadas são as seguintes: (i) branco para notas diatónicas correspondentes às teclas brancas do teclado padrão; (ii) cinza escuro para notas

---

[675] Este facto, por si, não é positivo nem negativo. É apenas uma circunscrição conceptual, dada a complexidade dos sistemas microtonais.

[676] Também denominada por hexatónica ou hexafónica.

cromáticas correspondentes às teclas pretas do teclado padrão; (iii) verde claro para a nota dó, para melhor identificação da oitava; (iv) verde escuro para a nota dó#, para melhor identificação da oitava; (v) cinza claro para os quartos de tom resultantes da subdivisão da escala cromática.

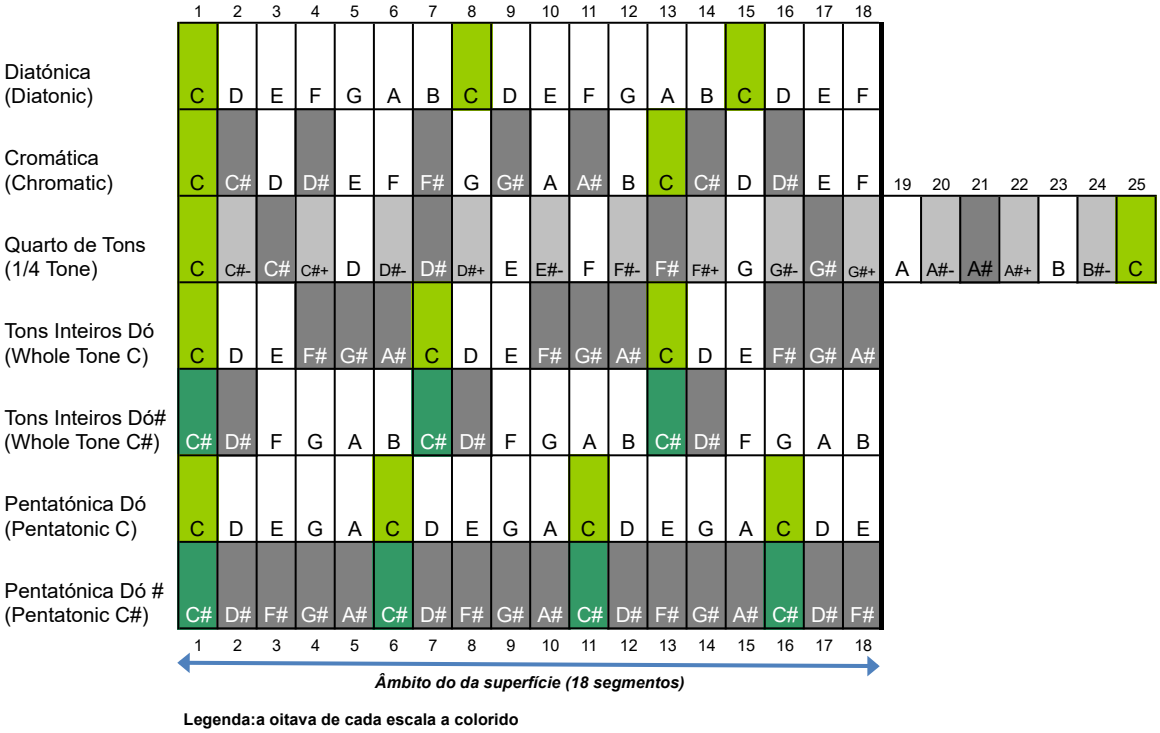


Figura 155. Disposição das escalas na matriz base.

Como as escalas tem número de graus diferentes, o número de teclas necessário para atingir a oitava é, por consequência, também ele diferente. A Figura 156 compara os âmbitos de oitava, organizados pelo número de teclas dentro da mesma. De notar que a escala de quartos de tom, doravante designada por 1/4 de tom, necessita de 25 segmentos para perfazer a oitava (24 graus somados ao primeiro grau da oitava seguinte), o que significa que nunca poderá ser exibida, na mesma linha, na sua totalidade (devido ao eixo X apenas ter 18 segmentos).

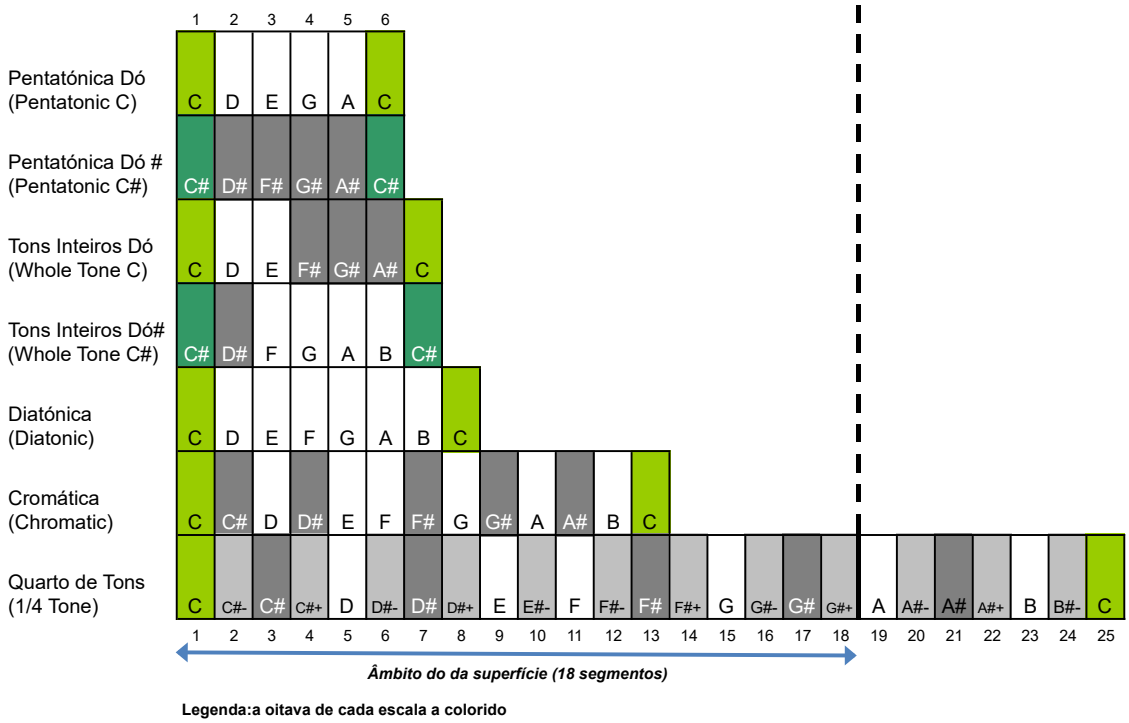


Figura 156. Comparação segmentária de oitava.

6.3.2.1. Nomenclatura anglo-saxónica versus nomenclatura latina

Sendo a presente tese escrita em português, o sistema de nomenclatura das notas deveria ser feita no sistema latino. Contudo, há um problema de coerência linguística: a programação, ao ser feita em *Pure Data*, utiliza a língua inglesa na nomenclatura de muitos dos seus objectos, seja de forma explícita ou abreviada. E ao misturar, na programação, português e com – obrigatoriamente – inglês, acabaria por gerar alguma confusão ao programador[677]. Optou-se por fazer a programação toda em inglês, mesmo as notas pessoais da investigação presentes no código. Assim sendo, as explicações no texto da tese serão todas em português, tudo o que esteja dentro do *patch*[678] será em inglês. Como a nomenclatura das notas faz parte do código escrito, optou-se pela nomenclatura anglo-saxónica.

Mas há outra razão para a utilização da língua inglesa, essa sim mais determinante. Em termos visuais, a notação anglo-saxónica poupa sempre 1 a 2

[677] É certo que aquilo que é visualizado, podia sê-lo exclusivamente em português. Contudo, ao iniciar a utilização do inglês, a acumulação do trabalho feito requereria tempo e trabalho não disponível para fazer tal reversão.

[678] Nome inglês de um ficheiro com programação.

caracteres, o que num esquema visual complexo, com muita informação e pouco espaço, foi considerado um aspecto relevante[679/680] (Quadro 9).

Notação Latina	Notação Anglo-saxónica
Dó	C
Ré	D
Mi	E
Fá	F
Sol	G
Lá	A
Si	B

Quadro 9. Correspondência da notação latina e anglo-saxónica.

6.3.2.2. Linhas e colunas: o ponto de partida é zero

A numeração das colunas e linhas, tal como foi visto atrás (Figura 154), começa no "zero", ou seja, as 18 colunas são numeradas de 0-17; assim como as 8 linhas são numeradas de 0-7. Tirando algumas excepções, como os graus das escalas, todos os outros valores que incluam medições vão ter como ponto de partida ou valor neutro o número 0 (zero). Assim sendo, utilizando números positivos e negativos, o valor neutro de um conjunto de números [-1, 1] é precisamente o número 0 (zero).

6.3.3. Disposição visuais básicas

A disposição mais básica é a visualização de apenas uma escala, utilizando todo o eixo Y (Figura 162, p. 325). De notar que existem dois tipos de referenciação auxiliar que podem ser conjugadas entre si. Em teoria, a disposição base pode apresentar 28 possibilidades, como resultado da multiplicação de 7 escalas por 4 modos de apresentação visual (Figura 162, *idem*).

Sendo o aspecto visual deste protótipo constituído por imagem luz, todas as possibilidades de visualização podem ser apresentadas, recaindo a escolha ao utilizador final.

[679] Adicionalmente, a ausência de acentos simplifica ainda mais a escrita do código informático.

[680] Há que considerar, adicionalmente, que a eventual divulgação do *software* desenvolvido teria de ser feito, muito provavelmente, em língua inglesa. Para além disso, esta é a língua franca da comunidade ligada à computação.

6.3.3.1. A coloração de oitava

São apresentadas sempre duas versões da mesma disposição: uma sem referência de oitava, outra contendo a mesma. A razão deste procedimento está relacionada com a possível necessidade de referência visual de oitava. A divisão padrão de um teclado convencional é a divisão cromática. Devido ao seu aspecto visual, esta escala proporciona uma percepção visual da disposição de cada nota. Nesse caso pode-se argumentar que a referenciação de cor é amplamente facultativa (Figura 157).

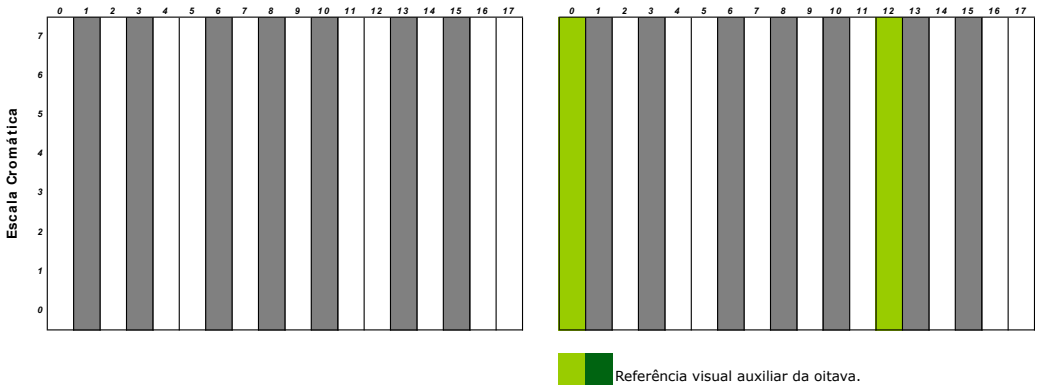


Figura 157. Escala cromática com e sem referência de cor.

No caso das escalas diatónica e pentatónica, a percepção visual relativa de cada nota perde-se por completo (Figura 158). Daí a possibilidade de utilizar uma referência colorida da oitava. Neste caso, a nota colorida corresponde à nota *dó* (escalas diatónica e pentatónica em *dó*) ou *dó#* (escala pentatónica em *dó#*).

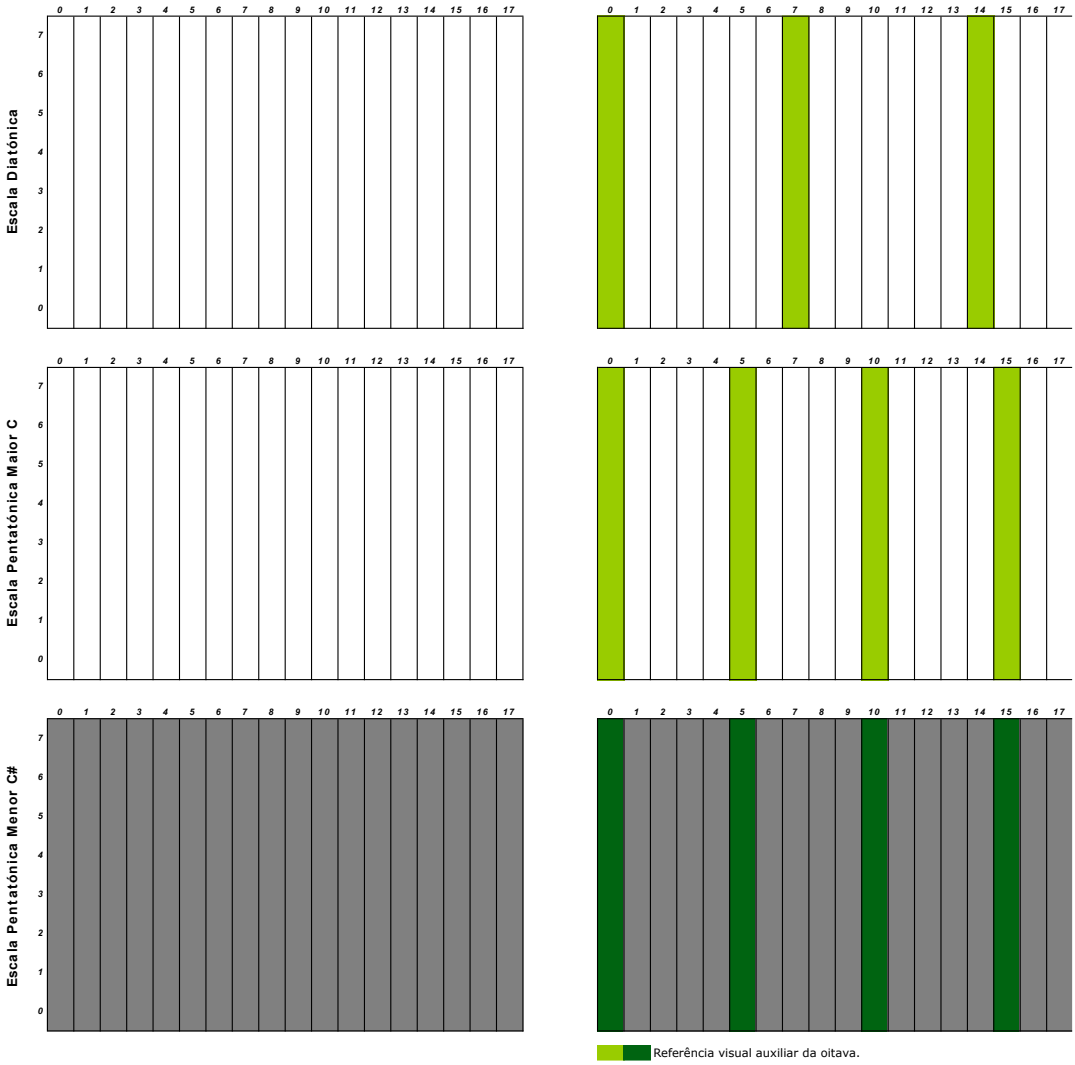


Figura 158. Escalas diatónica e pentatónicas com e sem referência de cor.

As escalas de tons inteiros e a 1/4 de tom não necessitam, supostamente, de auxiliar de oitava, embora a sua visualização não seja tão imediata quanto a escala cromática, pelo menos por ser diferente da disposição padrão de teclado.

No caso da escala de 1/4 de tom, acrescem as seguintes peculiaridades: (1) a utilização de cinza claro entre as alturas da escala cromática; (2) embora estejam visíveis os 1/2 tons convencionais, o facto de o protótipo só apresentar 18 segmentos numa escala de 24 segmentos, não é possível aferir visualmente que parte da escala é mostrada pela imagem. Neste caso, o auxiliar visual pode ser pertinente.

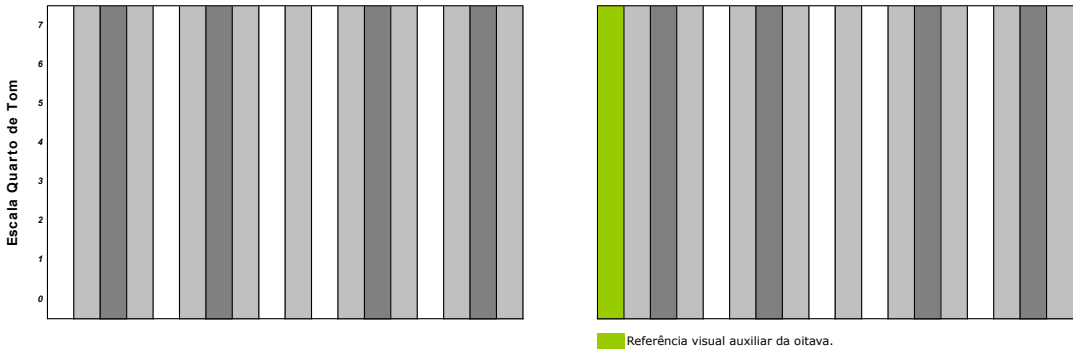


Figura 159. Escala quartos de tom com e sem referencia visual de oitava.

6.3.3.2. A referenciação da nota

A flexibilidade proporcionada pela imagem luz permite indicar o nome da nota correspondente a cada segmento. Tudo o que foi dito em relação à coloração de oitava, aplica-se também a esta referenciação. A única mudança é que esta informação auxiliar é aplicada a todos os segmentos, já que cada um tem a sua própria nota e a informação escrita não colide com a coloração das áreas visuais[681] (Figura 160).

A referenciação das notas poderá ter a vantagem de dar informação de forma pormenorizada e exacta, assim como poderá ter a desvantagem de sobrecarregar a disposição visual. Fica, contudo, a possibilidade do utilizador escolher qual o tipo de informação mais adequada às suas necessidades.

[681] Seria confuso atribuir, por exemplo, uma determinada cor ou tonalidade exclusiva a cada nota.

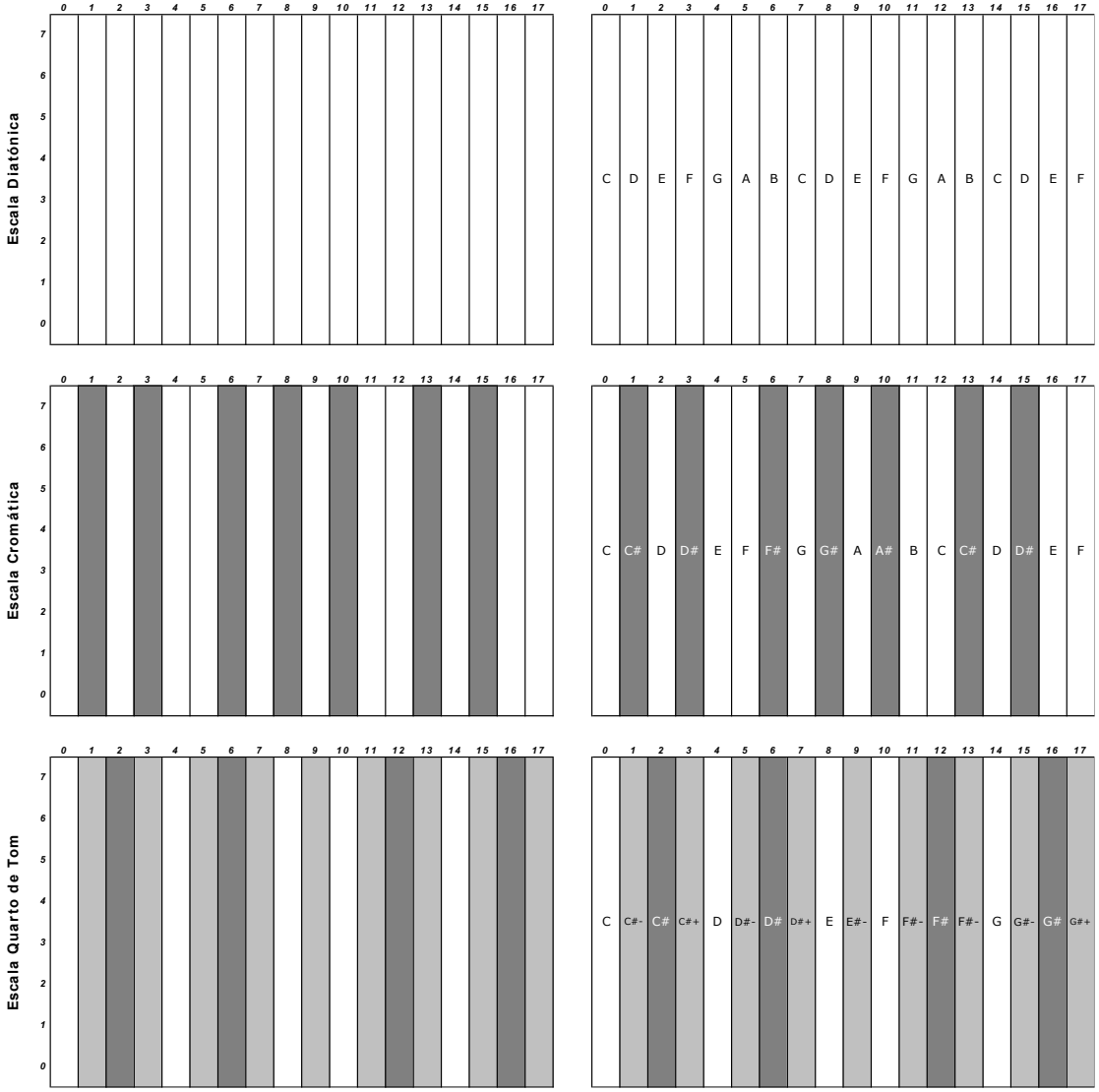


Figura 160. Escalas diatónica, cromática e 1/4 de tom com e sem referenciação de nota.

6.3.3.3. Referenciação mista

A imagem luz permite a utilização de um sistema misto de (1) coloração de oitava e (2) referenciação da nota. Novamente se aplica tudo o que anteriormente foi dito, e reafirma-se que será o utilizador a escolher o sistema mais adequado às suas necessidades. Fica o exemplo da referenciação mista aplicada à escala cromática (Figura 161).

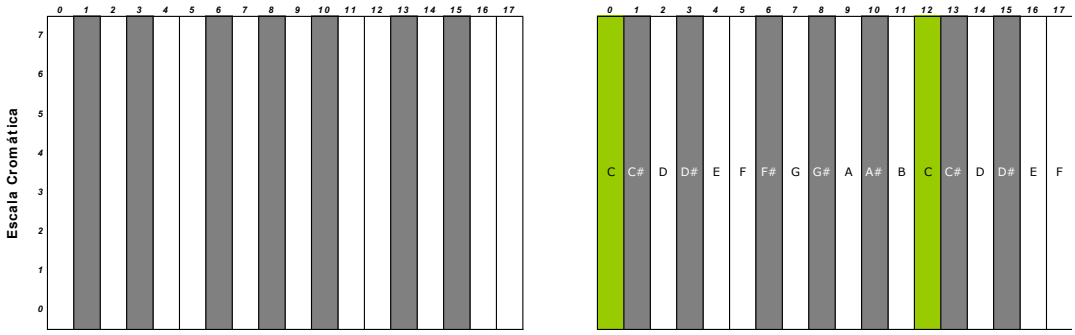


Figura 161. Escala cromática sem e com referenciação mista.

Assim sendo – e fazendo uma súmula –, até ao momento, cada escala pode ter 4 tipos de disposição visual: (1) básica[682], (2) com coloração de oitava, (3) com referência de nota e (4) com referenciação mista de coloração de oitava e referência de nota.

Em suma, apenas com o mesmo comprimento de tecla, tendo à disposição 7 escalas diferentes com 4 combinações visuais em cada, são possíveis 28 disposições visuais diferentes (Figura 162)

[682] Já contendo o contraste de cor presente no teclado padrão (preto e branco), ao qual se junta uma cor intermédia (cinza) para as alturas intermédias da escala de 1/4 de tom.

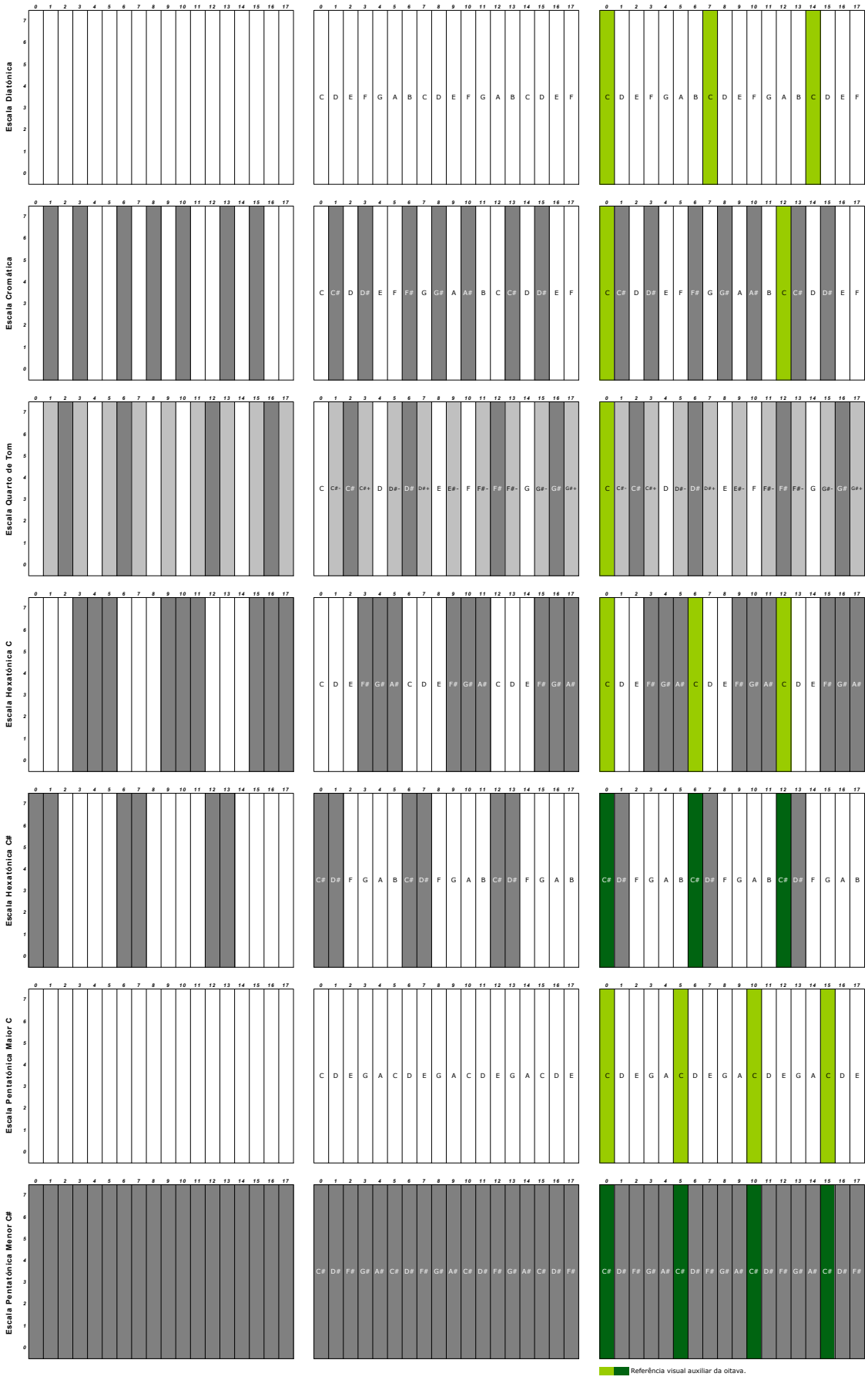
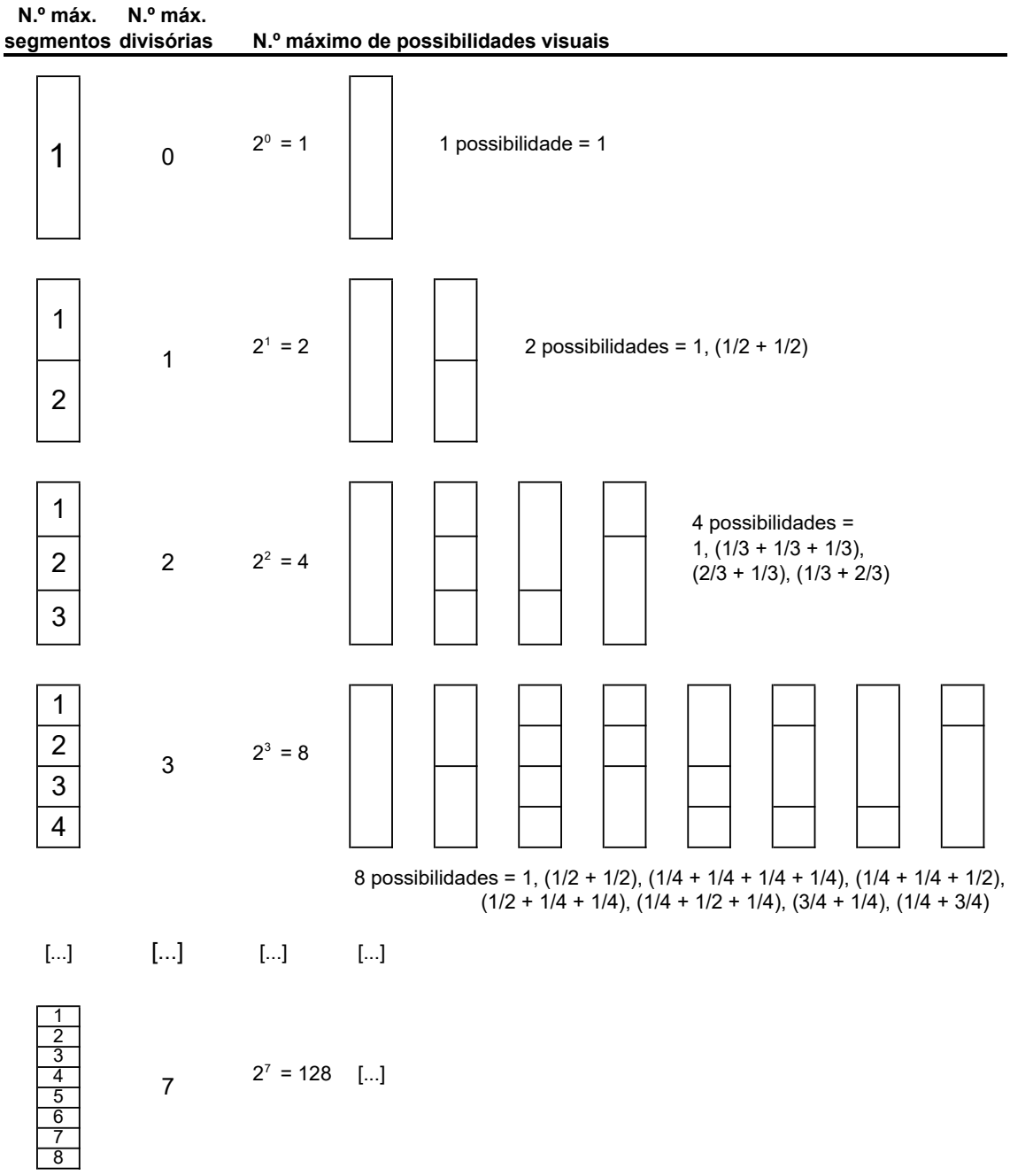


Figura 162. Combinações possíveis com 7 escalas.

6.3.4. Divisão vertical da tecla

Sendo a representação da tecla constituída por imagem luz, é possível segmentá-la verticalmente, aproveitando a ortogonalidade da matriz. O limite dessa segmentação está ligada à resolução do eixo Y da matriz, neste caso 8 linhas. Sendo assim, dividindo a tecla até obter 8 segmentos (1/8 de tecla), é possível obter 128 variações em cada tecla. A lógica deste cálculo encontra-se esquematizada no Quadro 10.



Quadro 10. Progressão das variantes visuais até 8 segmentos (7 divisórias).

De notar que este valor apenas diz respeito ao número de possibilidades dentro da mesma tecla. A sua conjugação com diferentes escalas, transposições e informações visuais vai aumentar exponencialmente o número de configurações visuais possível.

6.3.5. Disposição fragmentada

Uma das grandes vantagens da utilização de projecção luminosa é a facilidade de apresentar variações visuais sem as restrições físicas das coisas tangíveis. Deste modo, é possível obter, com relativamente poucas variáveis, centenas ou milhares de configurações visuais, com ou sem informação alfanumérica ou outro tipo de codificação visual.

Como já foi abordado anteriormente, a fragmentação do eixo Y pode ser feita até à oitava parte, correspondente a 8 segmentos desse mesmo eixo, neste caso correspondendo a cada uma das linhas do eixo X. Assim sendo, cada segmento pode ter a sua escala, transposição, cor e/ou informação.

Vão ser apresentados vários estudos visuais de forma a aferir a potencialidade deste tipo de combinações e planear a programação futura. De salientar que o estudo visual é uma parte essencial do mapeamento, uma vez imagem e som estão directamente relacionados nesta implementação[683].

A Figura 163 mostra as potencialidades da disposição fragmentada utilizando apenas uma configuração visual (mesma escala, mesmas cores e mesma informação) com uma transposição constante de 1/2 tom (variação da Figura 163 no Apêndice D 9).

Para facilitar a visualização de padrões visuais, a tónica – tomando como referência a escala de dó maior – vai estar colorida a verde.

[683] Com as variáveis apresentadas até este momento, e dando apresentandoo alguns exemplos, a nota *lá* (A) corresponde a um segmento branco, podendo ter ou não ter referência do nome da nota; a nota *dó* (C) corresponde a uma segmento branco, podendo ter ou não ter referência do nome da nota e, podendo ter ou não ter coloração da oitava a verde. Em suma, ao programar uma determinada altura/nota, serão obrigatoriamente tidos em conta os elementos visuais e sonoros.

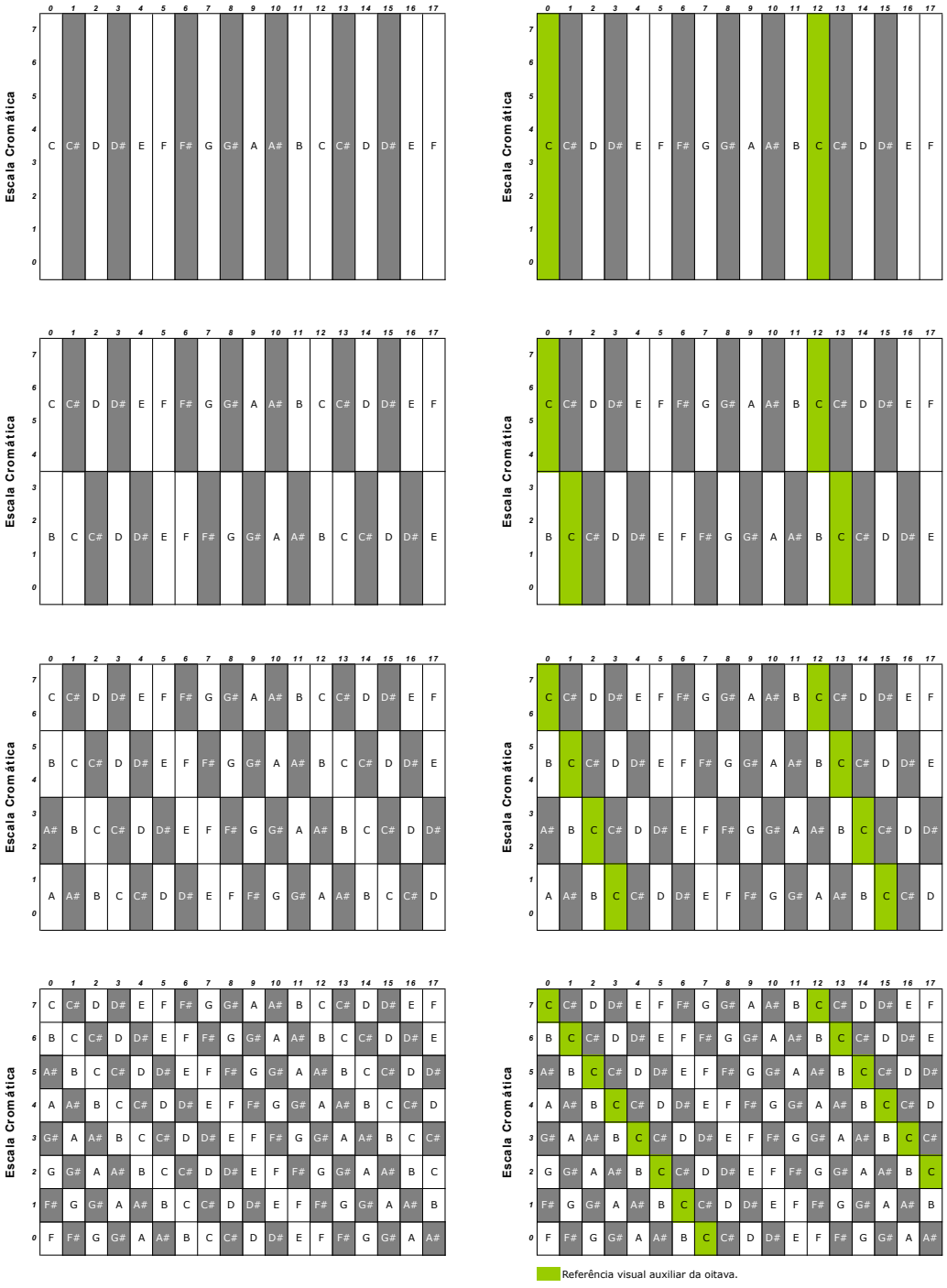


Figura 163. Exemplo de fragmentação isométrica do teclado, com deslocação da tónica para a direita (sudeste).

O processo de combinações visuais, mesmo com apenas com uma escala, permite construir um série de disposições visuais consideráveis. A Figura 164 mostra alguns exemplos de disposições visuais, alguns deles regidos por critérios musicais, outros por critérios visuais.

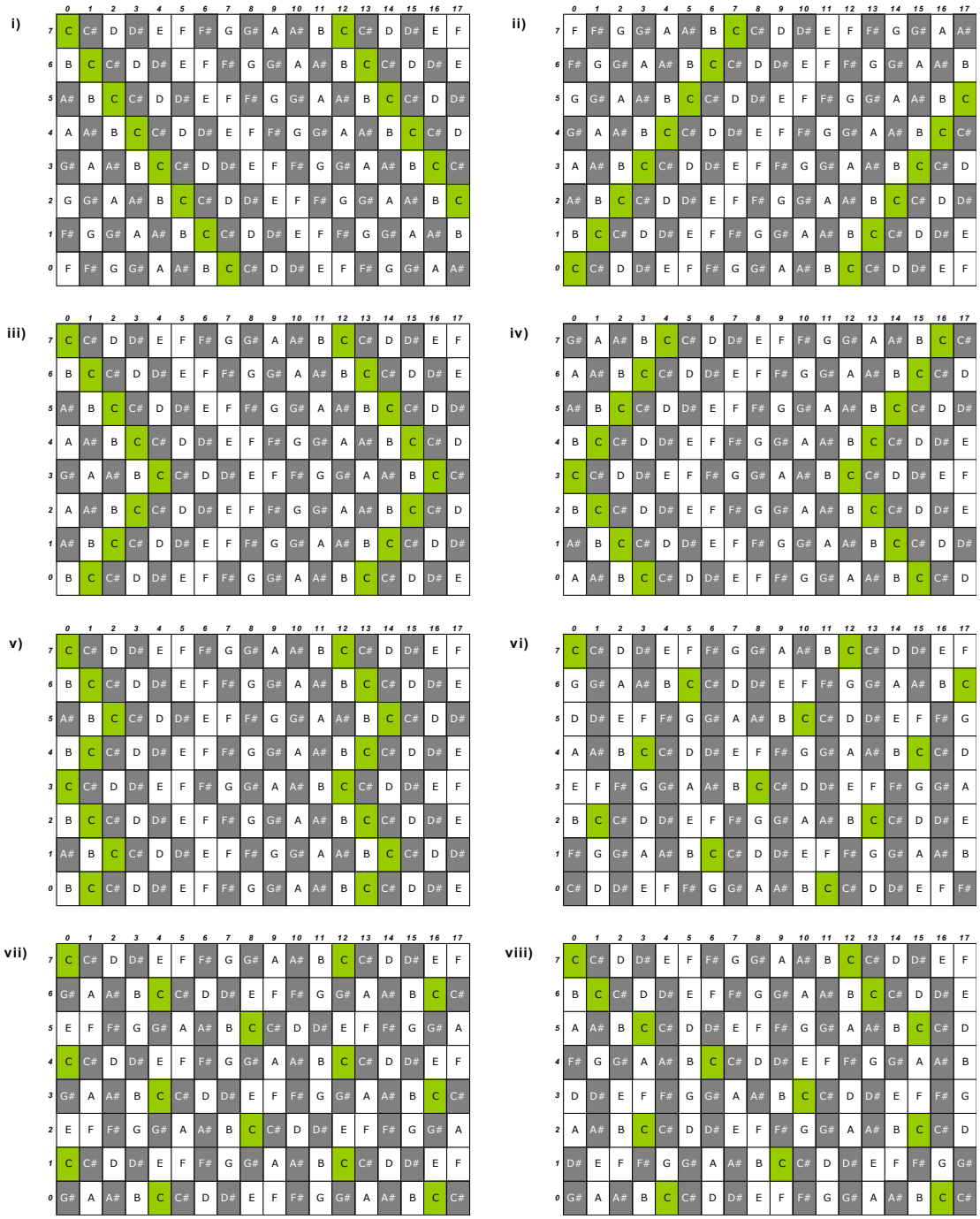


Figura 164. Exemplos de disposição fragmentada.

Legenda: (i) deslocação da tónica para a direita (sudeste); (ii) deslocação da tónica para a esquerda (sudoeste); (iii) deslocação da tónica com inflexão no lado direito (forma de seta para o lado direito); (iv) deslocação da tónica com inflexão no lado esquerdo (forma de seta para o lado esquerdo); (v) deslocação da tónica em ziguezague; (vi) deslocação da tónica em 4P (de baixo para cima); (vii) deslocação da tónica numa 3ª Maior (de baixo para cima); (viii) deslocação da tónica em forma de "arco crescente" em valores crescentes de 1/2 tom (+1, +2, +3, +4, +5, +6, +7, no sentido de cima para baixo). Nota: todas as disposições apresentadas são corolários das lógicas de fragmentação expostas no Apêndice D 10, Apêndice D 11, Apêndice D 12, Apêndice D 13, Apêndice D 14, Apêndice D 15, Apêndice D 16.

6.3.6. Inversão de sentido por rotação de matriz

O processo de combinações visuais foi pensado no sentido de obter o máximo de resultados, embora **respeitando duas condições:** (1) manter a sequencialidade de cada escala no plano horizontal (eixo X), ou seja, respeitar a ordem dos graus de cada escala; (2) e essa sequencialidade ser ascendente da esquerda para a direita, tal como é feita no teclado padrão. Estas foram as únicas restrições imposta pela implementação.

Em relação à inversão de sentido, caso fosse implementada, o resultado seria o ilustrado na Figura 165, ao qual se poderiam aplicar todas as variações visuais anteriormente expostas.

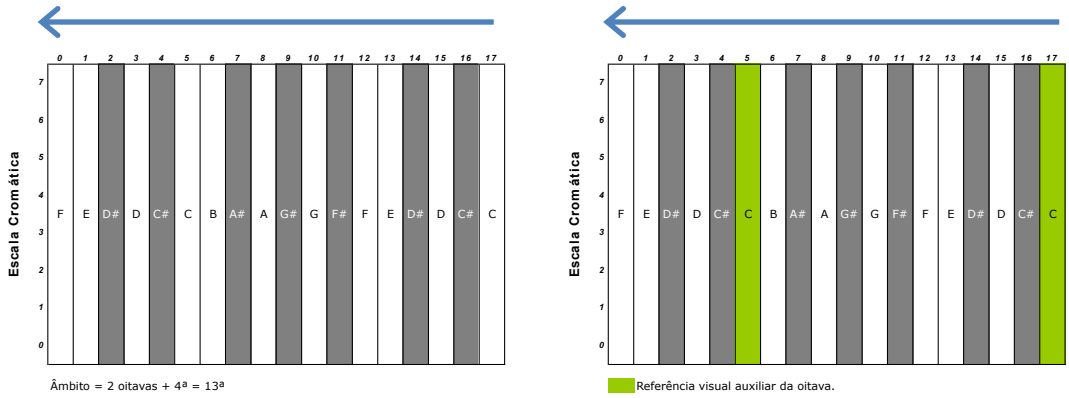


Figura 165. Inversão horizontal de sentido.

Mesmo sem esta implementação, é possível contornar a obrigatoriedade da ascendência do sentido, bastando rodar o ecrã em 180º (Figura 166). Logicamente, em termos visuais, os caracteres alfanuméricos ficariam invertidos, mas no exemplo mostrado, eles aparecem para efeitos de referenciação.

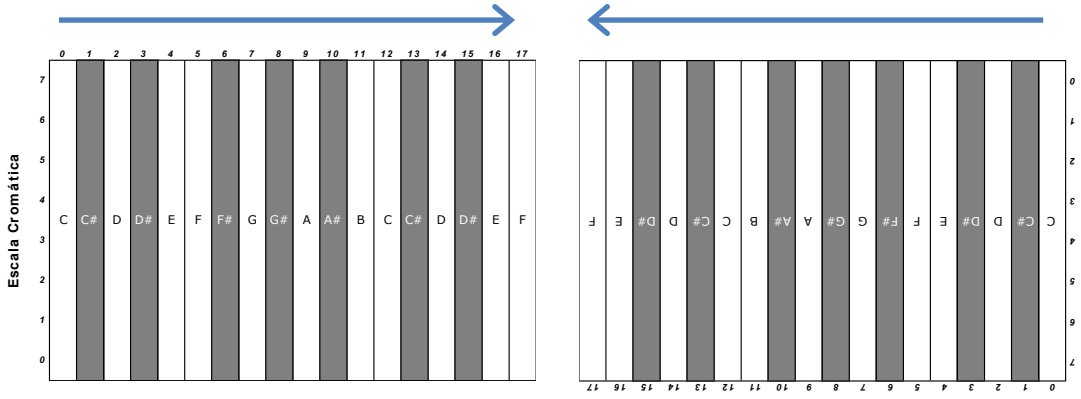


Figura 166. Rotação da imagem em 180º.

Fragmentando ao máximo a divisão de tecla e ajustando a distância de cada linha em 1/2 tom, poder-se-ia obter uma inversão de sentido rodando o ecrã em 90º, tornando o vertical em horizontal e vice-versa. Na Figura 167 foi feita uma rotação de 90º no

Sentido do Ponteiro do Relógio (SPR), gerando 18 linhas cromaticamente descendestes da esquerda para a direita e 8 colunas cromaticamente ascendentes de cima para baixo[684].

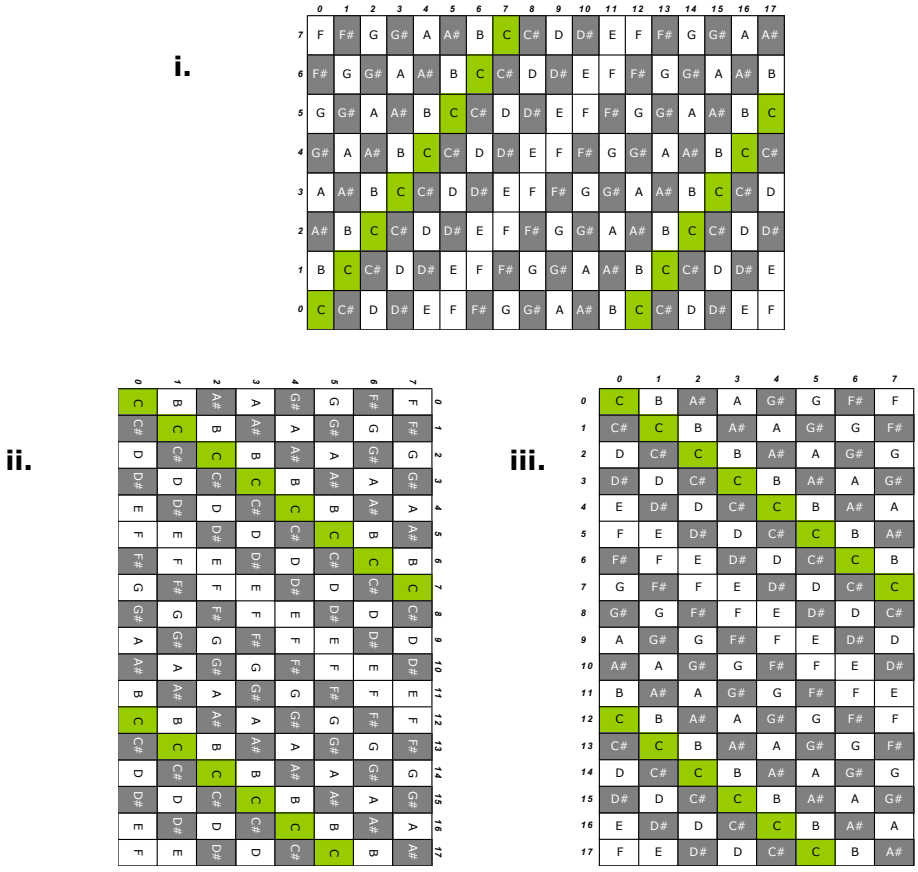


Figura 167. Rotação da matriz em 90º SPR para inversão de sentido.

(i) Posição padrão horizontal, sentido ascendente da esquerda para a direita; (ii) rotação 90º SPR para gerar nova horizontalidade ascendente da direita para a esquerda; (iii) arranjo dos caracteres alfanuméricos para facilidade de leitura.

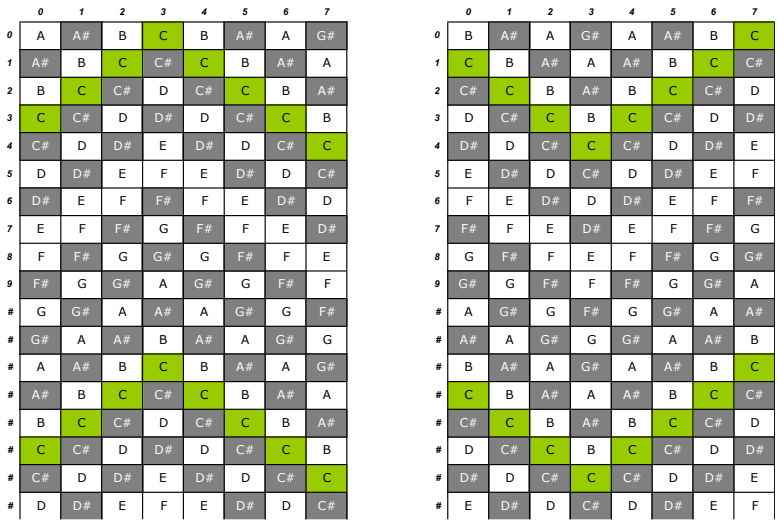
6.3.7. Escalas *ad hoc* por rotação de matriz

Aproveitando a rotação da matriz, uma outra condição pode ser contornada: o encadeamento escalar contíguo, ou seja, a sequência obrigatória por graus conjuntos.

Retomando os exemplos ⦃iii, iv⦄ da Figura 164, é possível a construção de escalas com graus conjuntos mas com um eixo simétrico onde o sentido ascendente-descendente seria permutado (Figura 168).

---

[684] Caso a rotação tivesse sido feita em Sentido Contrário do Ponteiro do Relógio, então teriam sido geradas 18 linhas cromaticamente ascendentes da esquerda para a direita e 8 colunas cromaticamente descendentes de cima para baixo.



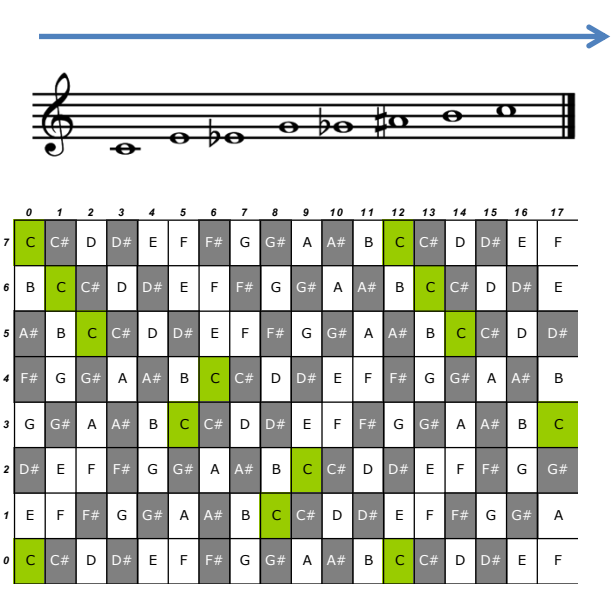
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	A	A#	B	C	B	A#	A	G#
1	A#	B	C	C#	C	B	A#	A
2	B	C	C#	D	C#	C	B	A#
3	C	C#	D	D#	D	C#	C	B
4	C#	D	D#	E	D#	D	C#	C
5	D	D#	E	F	E	D#	D	C#
6	D#	E	F	F#	F	E	D#	D
7	E	F	F#	G	F#	F	E	D#
8	F	F#	G	G#	G	F#	F	E
9	F#	G	G#	A	G#	G	F#	F
#	G	G#	A	A#	A	G#	G	F#
#	G#	A	A#	B	A#	A	G#	G
#	A	A#	B	C	B	A#	A	G#
#	A#	B	C	C#	C	B	A#	A
#	B	C	C#	D	C#	C	B	A#
#	C	C#	D	D#	D	C#	C	B
#	C#	D	D#	E	D#	D	C#	C
#	D	D#	E	F	E	D#	D	C#

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	B	A#	A	G#	A	A#	B	C
1	C	B	A#	A	A#	B	C	C#
2	C#	C	B	A#	B	C	C#	D
3	D	C#	C	B	C	C#	D	D#
4	D#	D	C#	C	C#	D	D#	E
5	E	D#	D	C#	D	D#	E	F
6	F	E	D#	D	D#	E	F	F#
7	F#	F	E	D#	E	F	F#	G
8	G	F#	F	E	F	F#	G	G#
9	G#	G	F#	F	F#	G	G#	A
#	A	G#	G	F#	G	G#	A	A#
#	A#	A	G#	G	G#	A	A#	B
#	B	A#	A	G#	A	A#	B	C
#	C	B	A#	A	A#	B	C	C#
#	C#	C	B	A#	B	C	C#	D
#	D	C#	C	B	C	C#	D	D#
#	D#	D	C#	C	C#	D	D#	E
#	E	D#	D	C#	D	D#	E	F

Figura 168. Escalas com eixo simétrico.

Rotação da matriz em 90º SPR para obtenção de escalas com eixo simétrico, com arranjo dos caracteres alfanuméricos para facilidade de leitura.

Mais do que isso, é possível uma ordenação livre dos graus de uma determinada escala. Para ilustrar este afirmação, vai ser criada uma escala imaginada: a escala “ad hoc inventada” (Figura 169). Esta escala, apresenta diferentes intervalos, sendo alguns deles descendentes (mi-mib [ré#], sol-solb [fá#]).



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F
6	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E
5	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#
4	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B
3	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C
2	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#
1	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A
0	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	C	E	D#	G	F#	A#	B	C
1	C#	F	E	G#	G	B	C	C#
2	D	F#	F	A	G#	C	C#	D
3	D#	G	F#	A#	A	C#	D	D#
4	E	G#	G	B	A#	D	D#	E
5	F	A	G#	C	B	D#	E	F
6	F#	A#	A	C#	C	E	F	F#
7	G	B	A#	D	C#	F	F#	G
8	G#	C	B	D#	D	F#	G	G#
9	A	C#	C	E	D#	G	G#	A
10	A#	D	C#	F	E	G#	A	A#
11	B	D#	D	F#	F	A	A#	B
12	C	E	D#	G	F#	A#	B	C
13	C#	F	E	G#	G	B	C	C#
14	D	F#	F	A	G#	C	C#	D
15	D#	G	F#	A#	A	C#	D	D#
16	E	G#	G	B	A#	D	D#	E
17	F	A	G#	C	B	D#	E	F

Figura 169. Escala “ad hoc inventada”.

Rotação da matriz em 90º SPR, com arranjo dos caracteres alfanuméricos para facilidade de leitura.

Seguindo a mesma lógica de rotação – e tendo como base uma escala que utilize todas as divisões mínimas de um sistema harmónico[685] –, é possível obter qualquer escala que encaixe nesse próprio sistema.

Para concretizar esta afirmação, vai ser construída uma escala menor harmónica a partir de uma escala cromática (Figura 170). Esta escala foi escolhida pela sua diversidade de intervalos: "1/2 tons" (3 sítios), "tons inteiros" (3 sítios) e "tom e 1/2" (1 sítio).

O arranjo das escalas cromáticas foi feito de maneira a construir os intervalos da escala de *dó menor harmónica*. Sendo assim – e olhando para o lado esquerdo da Figura 170 –, é possível ver essa organização na coluna 0 do eixo Y, no sentido de baixo para cima. Ao fazer a rotação de 90º SPR as 18 escalas menores harmónicas[686] verticais do eixo X (Figura 170, esquerda) vão ficar dispostas de forma horizontal no eixo Y (Figura 170, direita).

De notar o efeito visual das nota a verde (*dó*), que vão desenhar os afastamentos proporcionais aos diversos intervalos dos graus da escala. Assim sendo, esse fenómeno visual pode ser observado, na versão ascendente da escala, de baixo para cima e da direita para a esquerda[687] (matriz esquerda da Figura 170); como também de baixo para cima e da esquerda para a direita[688] (matriz direita da Figura 170).

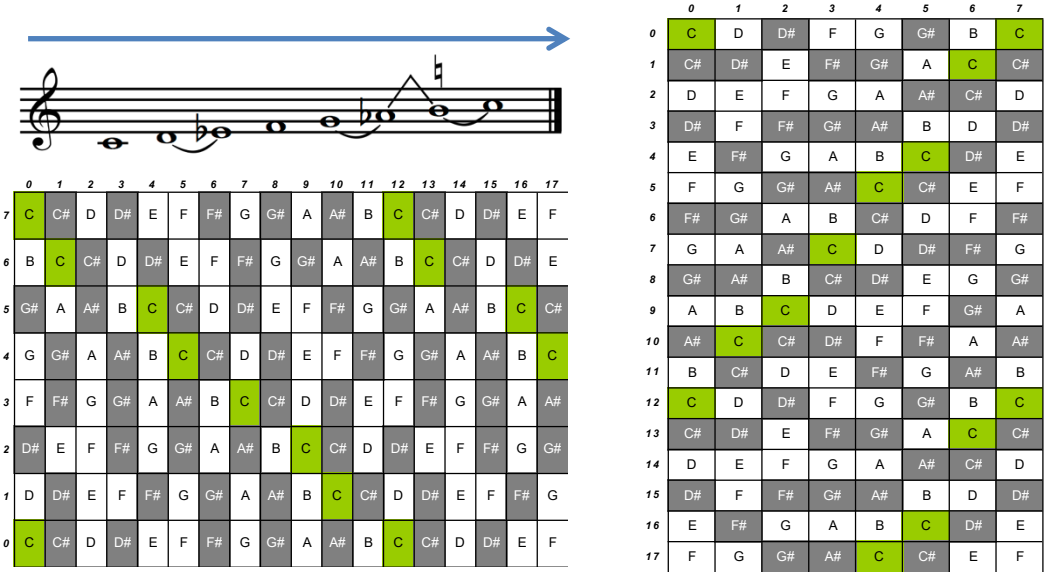
---

[685] Como é o caso da escala cromática em relação ao sistema tonal ocidental.

[686] 18 escalas no total, sendo algumas delas repetidas. Com o sistema cromático, apenas é possível obter 12 tonalidades diferentes.

[687] Ou descendentemente de cima para baixo, da direita para a esquerda.

[688] Ou descendentemente de cima para baixo, da esquerda para a direita.



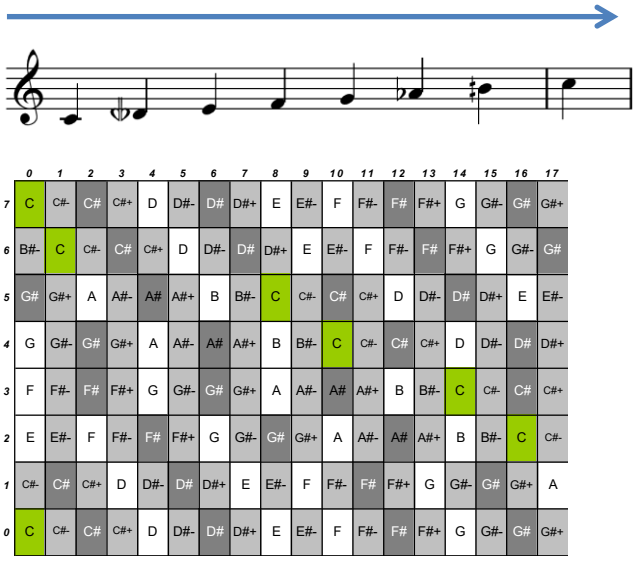
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F
6	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E
5	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#
4	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C
3	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#
2	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#
1	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F	F#	G
0	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C	C#	D	D#	E	F

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	C	D	D#	F	G	G#	B	C
1	C#	D#	E	F#	G#	A	C	C#
2	D	E	F	G	A	A#	C#	D
3	D#	F	F#	G#	A#	B	D	D#
4	E	F#	G	A	B	C	D#	E
5	F	G	G#	A#	C	C#	E	F
6	F#	G#	A	B	C#	D	F	F#
7	G	A	A#	C	D	D#	F#	G
8	G#	A#	B	C#	D#	E	G	G#
9	A	B	C	D	E	F	G#	A
10	A#	C	C#	D#	F	F#	A	A#
11	B	C#	D	E	F#	G	A#	B
12	C	D	D#	F	G	G#	B	C
13	C#	D#	E	F#	G#	A	C	C#
14	D	E	F	G	A	A#	C#	D
15	D#	F	F#	G#	A#	B	D	D#
16	E	F#	G	A	B	C	D#	E
17	F	G	G#	A#	C	C#	E	F

Figura 170. Escala menor harmónica.

O mesmo exercício pode ser feito com outro tipo de divisões escalares aproveitando – por exemplo –, a divisão da oitava em 24 partes iguais, ou seja, em 1/4 de tom. Foi escolhida uma escala em estilo árabe, contendo intervalos de {1/4, 1/2, 1, 7/4} de tom.

Repete-se todo o processo descrito a propósito da escala menor harmónica, incluindo o efeito visual da distância dos graus.



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	C	C#-	C#	C#+	D	D#-	D#	D#+	E	E#-	F	F#-	F#	F#+	G	G#-	G#	G#+
6	B#-	C	C#-	C#	C#+	D	D#-	D#	D#+	E	E#-	F	F#-	F#	F#+	G	G#-	G#
5	G#	G#+	A	A#-	A#	A#+	B	B#-	C	C#-	C#	C#+	D	D#-	D#	D#+	E	E#-
4	G	G#-	G#	G#+	A	A#-	A#	A#+	B	B#-	C	C#-	C#	C#+	D	D#-	D#	D#+
3	F	F#-	F#	F#+	G	G#-	G#	G#+	A	A#-	A#	A#+	B	B#-	C	C#-	C#	C#+
2	E	E#-	F	F#-	F#	F#+	G	G#-	G#	G#+	A	A#-	A#	A#+	B	B#-	C	C#-
1	C#-	C#	C#+	D	D#-	D#	D#+	E	E#-	F	F#-	F#	F#+	G	G#-	G#	G#+	A
0	C	C#-	C#	C#+	D	D#-	D#	D#+	E	E#-	F	F#-	F#	F#+	G	G#-	G#	G#+

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	C	C#-	E	F	G	G#	B#-	C
1	C#-	C#	E#-	F#-	G#-	G#+	C	C#-
2	C#	C#+	F	F#	G#	A	C#-	C#
3	C#+	D	F#-	F#+	G#+	A#-	C#	C#+
4	D	D#-	F#	G	A	A#	C#+	D
5	D#-	D#	F#+	G#-	A#-	A#+	D	D#-
6	D#	D#+	G	G#	A#	B	D#-	D#
7	D#+	E	G#-	G#+	A#+	B#-	D#	D#+
8	E	E#-	G#	A	B	C	D#+	E
9	E#-	F	G#+	A#-	B#-	C#-	E	E#-
10	F	F#-	A	A#	C	C#	E#-	F
11	F#-	F#	A#-	A#+	C#-	C#+	F	F#-
12	F#	F#+	A#	B	C#	D	F#-	F#
13	F#+	G	A#+	B#-	C#+	D#-	F#	F#+
14	G	G#-	B	C	D	D#	F#+	G
15	G#-	G#	B#-	C#-	D#-	D#+	G	G#-
16	G#	G#+	C	C#	D#	E	G#-	G#
17	G#+	A	C#-	C#+	D#+	E#-	G#	G#+

Figura 171. Escala em estilo árabe.

Notas naturais a branco; notas alteradas a cinza escuro; notas intermédias entre as naturais e alteradas a cinza claro; (1/4 de tom); referências visuais da nota dó a verde; arranjo dos caracteres alfanuméricos para facilidade de leitura.

6.3.8. Multi-escalas assimétricas

Do mesmo modo que o eixo Y foi dividido através de diferentes comprimentos de tecla, a mesma lógica poderia ser aplicada ao eixo X, aplicando diferentes larguras de tecla. Assim sendo, em teoria, a largura das teclas pode ser alterada, seja de forma proporcional[689] ou desproporcional[690].

Foi desenvolvida a ideia do aumento desproporcional, de forma a confrontar as diferenças intervalares das escalas utilizadas. A alteração proporcional de largura de tecla foi posta de parte, por razões que serão expostas no final desta secção (p. 337).

Do aumento desproporcional surgiu a ideia de fazer uma disposição visual em que as divisões discretas da superfície de aquisição gestual correspondessem, de facto, às distâncias homólogas da altura, fazendo as alterações de largura necessárias para obter esse resultado. Fazendo uma analogia, seria como se a mesma distância absoluta (por exemplo, a oitava) pudesse ser dividida de maneiras diferentes, tal como uma régua com diferentes unidades de medida. Assim sendo, a Figura 172 mostra o pormenor de uma régua com diferentes unidades de medida (centímetros e polegadas) e respectivas divisões (decimal e fraccionária).

Fazendo um parêntese no raciocínio, convém lembrar que, utilizando sempre a mesma largura de tecla, o confronto de teclados "não ortodoxos" com um número diferente de divisões de oitava, vai gerar na superfície de aquisição gestual – obrigatoriamente e em termos de dimensões –, diferentes larguras de oitava. Isto significa que um teclado que divide a oitava em 6 partes, só precisa de 7 teclas para perfazer esse intervalo (6 graus mais a repetição da tónica); enquanto que um teclado que divide a oitava em 12 partes, só o atinge com 13 teclas (como já foi ilustrado na Figura 155 e na Figura 156).

[689] Aqui o significado de proporcional está relacionado com regular, uniforme, em bloco ou simultâneo. Dando um exemplo: quando um conjunto de segmentos com as mesmas dimensões é aumentado para o dobro do tamanho, as proporções são as mesmas.

[690] No sentido em que o resultado contempla várias larguras de segmentos, ou seja, a unidade de largura é irregular, disforme, ou seja, "não-isométrica".

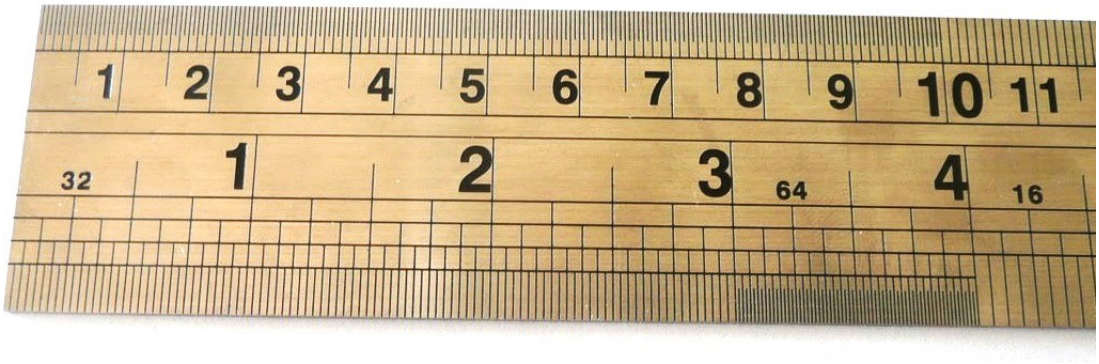


Figura 172. Pormenor da régua *Linex SL100*.

Parte superior da régua em sistema métrico onde convivem os seguintes segmentos: decímetro (número 10 em tamanho maior), centímetro, 1/2 centímetro, milímetro e 1/2 milímetro. Parte inferior da régua em sistema imperial: polegada (números grandes), 1/2 polegada, 1/4 de polegada, 1/8 de polegada, 1/16 de polegada, 1/32 de polegada e 1/64 de polegada (apenas entre as polegadas 3 e 4).

Retomando a analogia com régua, a implementação deste conceito com escalas musicais é mais complexa por uma razão principal: ao contrário do régua, a divisão da oitava não é feita de forma homogénea, ou seja, a mesma pode ter segmentos sequenciais de diferentes tamanhos (Figura 173). Daí o nome "multi-escalas assimétricas". Dentro das escalas utilizadas, apenas três escalas dividem a oitava em partes iguais: a cromática (12 partes), a de 1/4 de tom (24 partes) e a hexatónica (6 partes).

Há, contudo, uma outra diferença entre os exemplos da régua e das escalas: apesar da variedade de escalas, no fundo, só há um sistema de medida – o sistema cromático. Todas as escalas partilham a unidade mínima de divisão – o 1/2 tom –; assim como todas partilham o conceito de oitava; e, em relação à escala de 1/4 de tom, esta pode ser considerada uma subdivisão da escala cromática, uma vez que não foi utilizada como unidade mínima de divisão de oitava sobre a qual foram baseadas as restantes escalas[691].

Em relação à convivência de diferentes sistemas de afinações, esta realidade irá ser retomada no subcapítulo "6.5 - Continuum Screenboard", com a conciliação de representações de escalas justas (não temperadas) e temperadas; assim como a utilização da escala *Bohlen-Pierce*, que não utiliza a oitava convencional (rácio 2:1), mas sim a *tritava* (rácio 3:1).

[691] A escala temperada de 1/4 de tom pode ser considerada bastante artificial, uma vez que se baseia numa subdivisão da escala cromática temperada. A microtonalidade baseada em parciais sonoros é uma área bastante mais complexa, utilizando frequentemente fracções que geram números irracionais e onde o temperamento escalar tem outro grau de importância.

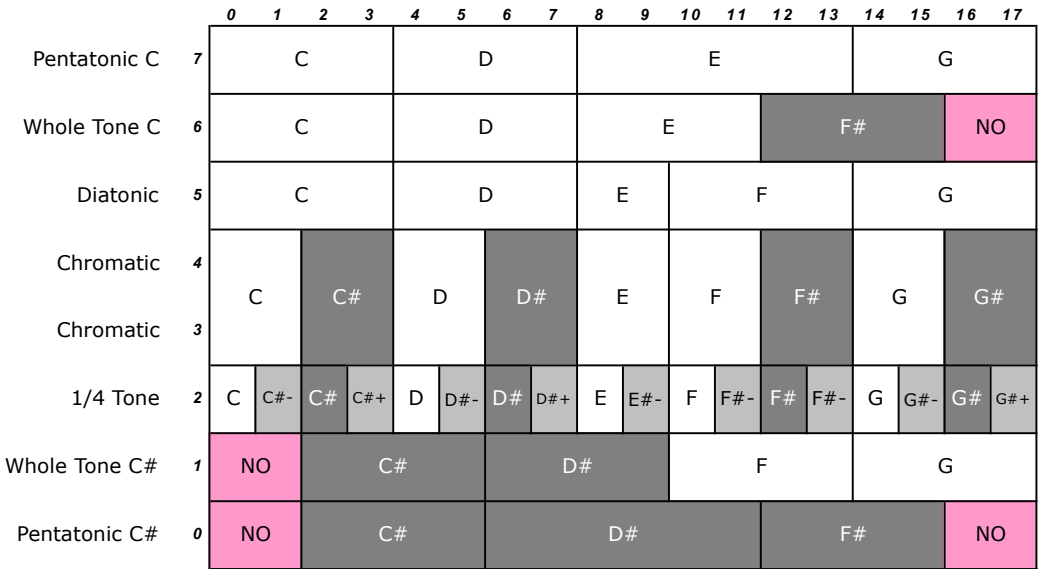


Figura 173. Multi-escalas assimétricas.

Nota: o espaço visual a magenta com a palavra “NO” (não), corresponde ao espaço do grau contíguo que, por exceder o espaço disponível, foi deixado vazio.

O problema da largura de tecla

A largura da tecla, atribuída por convenção ao eixo X, apresenta uma complexidade adicional em relação ao seu comprimento, por convenção atribuída ao eixo Y. É que a modificação do seu tamanho é cumulativa, ou seja, a diferença vai-se acumulando ao longo do eixo.

A isto acresce a limitação de *hardware* do *protótipo 4*: a unidade de medida mínima corresponde a 16mm no eixo X, o que cada incremento vai ser múltiplo dessa unidade. Juntando os factores de unidade mínima de medida e de variação cumulativa, a variação da largura apresenta limitações relacionadas com resolução da própria matriz do *protótipo 4* (18x8 segmentos com dimensões fixas).

Numa matriz de um ecrã (por exemplo 1280x800px), esse constrangimento deixa de fazer sentido. Aliás, o *protótipo 5* proporciona essa liberdade de rastreamento visual, e onde um segmento com uma largura base de 50 píxeis, pode ver esse valor incrementado, neste exemplo, em fracções de 1/50 do tamanho original.

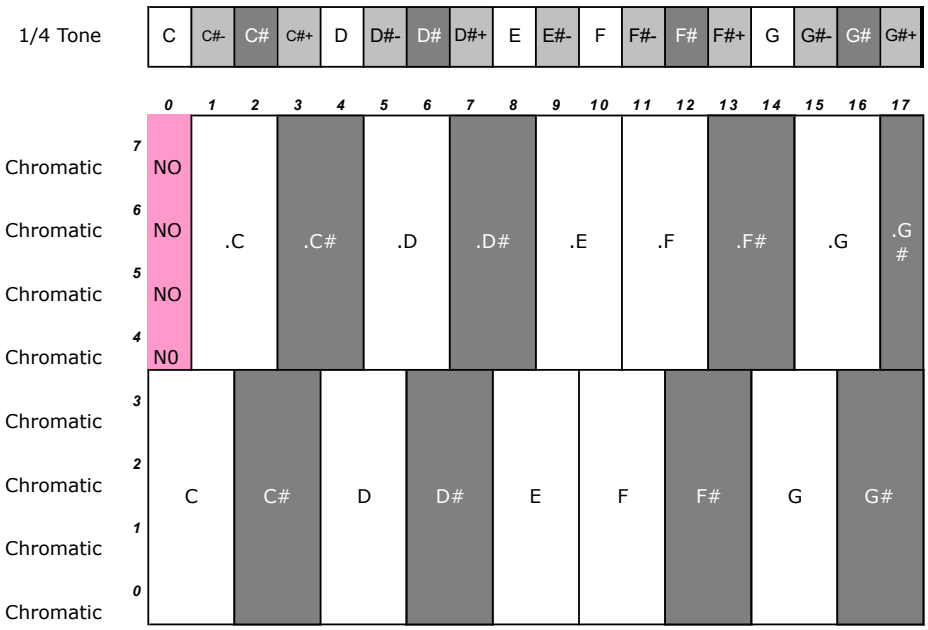
Porém – e apesar de interessante –, não foi planeado fazer o redimensionamento progressivo de escala, até porque o *protótipo 5* surgiu depois da programação base estar concluída, sendo o desenvolvimento posterior centrado noutro tipo de aplicações e disposições visuais.

Mas, o mais importante nesta secção, foi provar que – através da disposição de escalas assimétricas –, é possível modificar (1) a largura de tecla e (2) encaixar

visualmente diferentes divisões escalares onde a largura da tecla é análoga ao intervalo sonoro que representa.

6.3.9. Desfasamento microtonal

O desfasamento microtonal surgiu como uma ideia de simplificação de disposição visual da escala de 1/4 de tom. Assim sendo, em vez de utilizar a disposição de 1/4 de tom, como a amostra da parte superior da Figura 174, utiliza-se dois teclados cromáticos interpolados que, em conjunto, oferecem todos os graus da escala de 1/4 de tom.



legenda: ".C" significa que a nota está 1/4 de tom acima.

Figura 174. Desfasamento microtonal.

Nota: o espaço visual a magenta com a palavra "NO" (não), corresponde ao espaço de um grau contíguo que, por exceder o espaço disponível, foi deixado vazio. A notação do teclado cimeiro aparece depois de um "." (ponto), significando que esta se encontra 1/4 de tom acima da referência do teclado fundeiro.

As vantagens são várias: maior clareza visual (menos segmentos, menos cores, menos informação escrita), maior largura discreta para cada 1/4 de tom e, sobretudo, melhor referenciação em relação ao teclado padrão[692].

Como desvantagem, poderá ser apontada menor comprimento em cada segmento destinado à manipulação do eixo Y. Esta situação pode ser relevante, caso seja necessário utilizar a totalidade do eixo Y para a manipulação de uma determinada

[692] Ou seja, dispensa reaprendizagem visual, sendo a sua percepção visual mais imediata.

variável. Aprofundando, se o eixo Y estiver consignado à manipulação contínua do timbre – por exemplo –, o comprimento destinado a essa manipulação é, no teclado desfasado, metade da oferecida pelo teclado inteiro – isto em relação a uma determinada nota. É verdade que o impacto desta situação depende do tipo de parametrização feita, mas é um aspecto que deve ser tido em conta.

6.4. IMPLEMENTAÇÃO DO INSTRUMENTO BASE

Neste subcapítulo vai ser apresentada toda a programação do *Instrumento Base*. Em termos gerais, é a parte mais importante do processo de implementação do *software* e, para além deste *patch* em si mesmo, veio permitir o desenvolvimento de um sistema de aquisição gestual extensível a outras aplicações posteriores, como aquelas apresentadas no subcapítulo "6.5 - Continuum Screenboard" e no "Capítulo 8 -Aplicações Complementares".

O aspecto geral do instrumento base – a sua consola de controlo geral – é mostrado na Figura 175, onde se situam as consolas específicas que serão alvo de explanação no presente subcapítulo. Mas antes disso é feita uma pequena contextualização sobre a linguagem e alguns conceitos utilizados.

Vector versus píxel

As figuras de toda a explicação são imagens píxel, pelo que a sua ampliação coloca problemas de resolução gráfica. Devido ao detalhe das imagens, algumas delas contendo muita informação, equacionou-se a possibilidade de utilizar a exportação vectorial do próprio *Pure Data*[693], assegurando qualidade gráfica excelente.

Contudo, esse procedimento levantou um problema: a versão vectorial não é visualmente idêntica à imagem píxel, esta última a visualizada no ecrã. Não se tratam de grandes diferenças, sendo normalmente circunscrita a pequenos desalinhamentos (Apêndice D 17, Apêndice D 18). Este facto, só por si, poderia ser pouco relevante. Mas no caso da informação ser muito detalhada, o desalinhamento pode dificultar a sua leitura.

Assim sendo, vai ser utilizada imagem píxel capturada por *print-screen* que, apesar de uma qualidade de impressão menor, ainda assim foi considerada a opção mais adequada.

[693] Ficheiro > Imprimir > Guardar > "qualquer_coisa.ps".

Léxico preliminar

Vai ser definido o âmbito lexical utilizado, fornecendo algumas notas prévias destinadas melhorar clareza da exposição. De notar que o léxico utilizado diz mais respeito à sua função que ao tipo de objecto de programação[694]. Em suma, relembrando que a exposição vai ser feita na óptica do utilizador, vão ser apresentadas algumas notas sobre a sintaxe utilizada:

- **Separador decimal**. Na linguagem de programação *Pure Data* – e por omissão –, o separador decimal é feito com "ponto" (ex.: 1.546) e não com "vírgula" (ex.: 1,546);
- **Interruptor**. Parte dedicada a ligar-desligar algo (ON/OFF, 0/1);
- **Selector**. Parte dedicada à selecção discreta de múltiplas opções. Pode servir de **interruptor**, caso tenha a opção "OFF" ou "0";
- **Mostrador**. Parte dedicada à exibição de informação, seja alfabética, numérica ou simbólica (cor, piscar, formas geométricas);
- **# versus b.** Apesar de no subcapítulo anterior as notas alteradas serem indicadas com sustenidos (#), no Instrumento Base elas aparecem com bemóis (*b*). A razão prende-se com o facto de o carácter "#" ter uma função específica na sintaxe da programação, colidindo com o significado pretendido. Por isso as notas alteradas aparecem por enarmonia em bemóis (*b*), cujo carácter não assume nenhuma função específica na sintaxe de programação.

[694] Por exemplo: "toggle" é um objecto de programação que tem a função genérica de interruptor (ligado-desligado). Contudo, por conveniência de utilização, tanto pode desempenhar essa função como pode ser utilizado como mostrador de estado (apenas como visualizador de informação). Nesse caso, vai ser referido como **mostrador** de estado e não como um **interruptor**, pois mesmo tendo a mesma aparência, não lhe foi conferida tal capacidade.

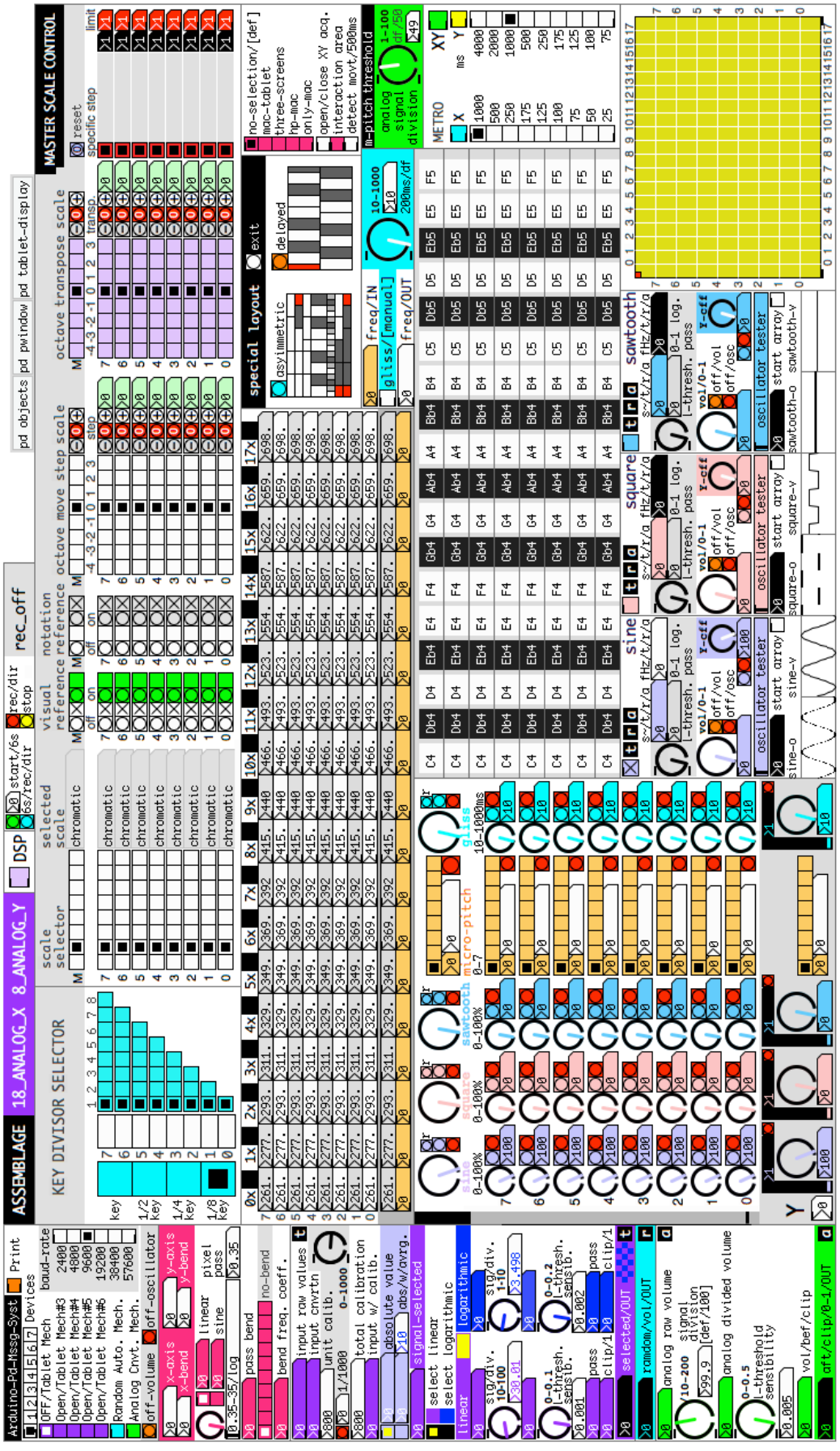


Figura 175. Aspecto da consola de controlo geral.

Apresentação geral

A estruturação da programação divide-se em várias partes: (a) aquisição e tratamento de dados; (b) selecção de elementos visuais e escalares; (c) selecção de elementos sonoros; (d) elementos de informação. Logicamente, ao contemplar uma forte componente visual, todas estas partes são, elas próprias, elementos de informação visual.

Outro aspecto primordial é a existência de três modos de aquisição gestual: (1) ***analogic***, (2) ***random*** e (3) ***tablet***.

- modo ***analogic***: destina-se a recolher e tratar os dados afectos ao *protótipo 4*. A escolha do nome deriva da utilização de entradas analógicas da plataforma *Arduino*. No total, com a utilização de um *multiplexer*, o número de entradas é de 26 (18x8y).
- modo ***random***: destina-se a tratar os dados gerados em modo aleatório, funcionando de forma independente do *hardware*, ou seja, apenas com a aplicação do *Instrumento Base*[695].
- modo ***tablet***: destina-se a recolher e tratar os dados afectos os *protótipo 5* que, como já foi apresentado, é baseado num *tablet*.

Clarificação da horizontalidade versus verticalidade e respectiva relação com os eixos XY

A nomenclatura utilizada pode gerar alguma confusão, pelo que se torna imperativo fazer uma clarificar a utilização bidimensional dos eixos XY, tal como ilustrado na Figura 176.

Assim sendo, o eixo X traça uma linha horizontal, ou seja, da esquerda para a direita (e vice-versa), ou dito de outra maneira, de oeste para leste (e vice-versa). Por sua vez, o eixo Y traça uma linha vertical, ou seja, de cima para baixo (e vice-versa), ou dito de outra maneira, de norte para sul (e vice-versa). Esta é a parte mais simples.

[695] Ou seja, em *stand alone*, na gíria inglesa.

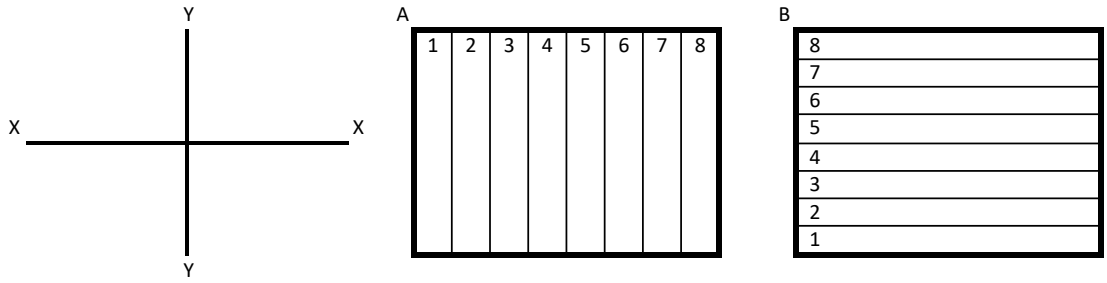


Figura 176. Esquema de horizontalidades e verticalidades associadas aos eixos X e Y.

Olhando para as imagens A e B, elas vão ser descritas utilizando, propositadamente, uma mistura terminológica que determinará, doravante, o sentido desses mesmos termos.

A **figura A** é, na sua generalidade, um rectângulo (traço grosso) cujo o eixo X foi segmentado em 8 partes, gerando, por isso mesmo, 8 segmentos verticais, vulgo colunas. Sendo assim, a decomposição horizontal do rectângulo A em vários rectângulos menores gera segmentos verticais. Na implementação do *Instrumento Base*, o eixo X foi fragmentado em 18 partes.

A **figura B** é, na sua generalidade, um rectângulo (traço grosso) cujo o eixo Y foi segmentado em 8 partes, gerando, por isso mesmo, 8 segmentos horizontais, vulgo linhas. Sendo assim, a decomposição vertical do rectângulo B em vários rectângulos menores gera segmentos horizontais.

Posto isto, será esta a lógica espacial doravante utilizada e, havendo alguma dúvida ou necessidade de esclarecimento, deverá recorrer ao exposto neste tópico.

6.4.1. Ecrã interno de referência

Esta consola (Figura 177) destina-se a referenciar, dentro da *interface* de controlo, os principais elementos visuais exibidos nos ecrãs das superfícies de aquisição gestual (*protótipo 4* e *protótipo 5*). Não é um espelho dos outros ecrãs, mas uma referência e um complemento dos mesmos. A justificação prende-se com dois aspectos: (1) conveniência da programação e (2) complemento de informação.

Em relação ao primeiro ponto, a programação deste consola não foi efectuada em simultâneo com os ecrãs externos; e surgiu mais como um objecto visual que foi ganhando forma e pertinência, do que um elemento nuclear da programação. Acresce ainda que, devido ao facto de estar na zona de controlo geral, teve de ser constantemente alterado e redimensionado, de forma a acomodar-se ao exíguo espaço

disponível na consola de controlo geral[696] (p. 341). Por isso o ecrã interno de referência é constituído por oito pequenas consolas em linha, em vez de uma maior e mais geral. Por um lado, esta justificação é uma conveniência de programação pois, uma vez definido o espaço para ele disponível, poder-se-ia ter transformado num espelho dos ecrãs utilizados na aquisição gestual, salvaguardado pequenas diferenças de proporção[697]. Contudo, existe uma outra razão para tal não ter sido feito, como será apresentado de seguida.

A segunda razão é mais é mais decisiva: ao ter sido usado como referência dos ecrãs externos, foram mantidas, em relação a estes, algumas características independentes. Sendo assim, é possível ter o ecrã externo com informações mais simples, as consideradas necessárias para a performance musical e, ao mesmo tempo, manter informações mais complexas na consola de controlo, mais úteis na hora de configurar o instrumento. Foi essa particularidade que pesou na hora de manter este figurino.

Em suma, as diferenças em relação aos ecrãs externos são as seguintes: (1) mantém sempre a informação da notação e (2) mantém sempre a unidade mínima de divisão da tecla, seja vertical ou horizontal.



Figura 177. Ecrã interno de referência.

6.4.2. Consola de exibição de frequências

Esta consola destina-se a exibir todas as frequências utilizadas na matriz, tendo em conta a escala, oitava e transposição seleccionada. Na parte inferior da mesma

[696] 1280x800px brutos, dos quais se subtrai a tira da zona de menus do sistema operativo, mais os rebordos da parte visual. De notar que, tendo em conta o elevado número de dados contidos nas diversas consolas rectangulares, o respectivo encaixe e aproveitamento da área, foi desenhado ao pormenor de unidade píxel.

[697] Até porque os ecrãs do *protótipo 4* e *protótipo 5* diferem entre si nesse aspecto.

encontram-se os valores de frequência activos (Figura 178, zona com fundo cinza) e, na linha inferior, a frequência resultante da aplicação da modulação de altura (*vibrato*), sendo este valor instantâneo e constantemente actualizado (Figura 178-2). Na parte superior da consola é indicada a coluna X em utilização, neste caso *6x* (Figura 178-1).

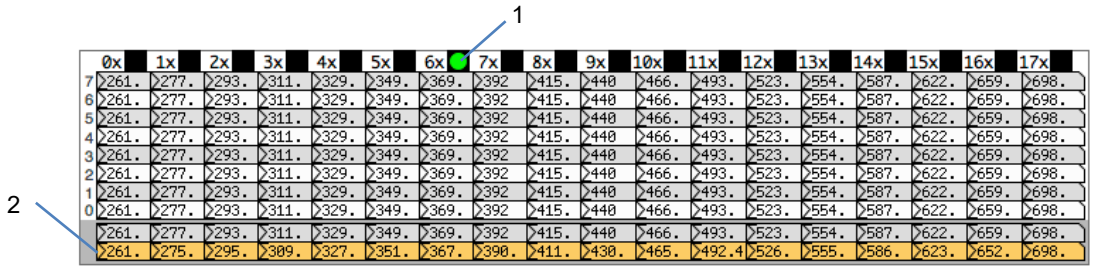


Figura 178. Consola de exibição de frequências.

6.4.3. Consola de modulação sonora

Esta consola destina-se a modular o som em si, ou seja, moldar as características sonoras independentes da escala musical (alturas base). Poder-se-ia chamar a consola que trata da "parte invisível" do *Instrumento Base*, quaisquer que sejam os modos de aquisição escolhidos.

Nesta parte selecciona-se nas colunas (i) o tipo de oscilador (ondas sinusoidais (Figura 179-1), quadradas (Figura 179-2) e dentes-de-serra (Figura 179-3)); (ii) o coeficiente de intensidade aplicado ao sinal (todos as potenciómetros das colunas (Figura 179-1-2-3), podendo ser ajustado de forma independente a cada oscilador); (iii) a amplitude da micro-variação de altura[698] (apenas para os modos *analogic* e *random,* Figura 179-4); (iv) e por fim o "tempo do *glissando*"[699] (Figura 179-5) entre alturas discretas[700].

Em relação às linhas (eixo Y), elas estão organizadas da seguinte maneira: (i) a linha superior (Figura 179-6) é um *master* que controla todas as linhas do eixo Y, ou seja, ao definir um valor ou variável, ele vai ser aplicado de igual modo a todas as linhas do eixo Y (0y a 7y); (ii) as linhas seguintes controlam de forma individual e independente cada um dos parâmetros das linhas 0y a 7y; (iii) a última linha (Figura

[698] Aplica-se em simultâneo e da mesma maneira a todos os osciladores. Apenas o parâmetro da intensidade é aplicado de forma independente em cada oscilador.

[699] Em caso de execução de diferentes alturas discretas, é a duração temporal da rampa contínua de alturas até atingir a última altura discreta executada, independentemente da distância do intervalo.

[700] Aplica-se em simultâneo e da mesma maneira a todos os osciladores. Apenas a intensidade é aplicada de forma independente.

179-7) recolhe os parâmetros da linha activa da matriz (Figura 179-8), exibindo-os e enviando-os para aplicação à frequência sonora em execução.

A última linha (Figura 179-7) apresenta alguns aspectos exclusivos, nomeadamente um indicador numérico da linha activa linha (Figura 179-9) e, mais importante, um comando de mudança temporal de linha seleccionada (Figura 179-10). Utilizando uma analogia musical, funciona como *glissando* de valores entre diferentes linhas Y seleccionadas, ou seja, uma zona de transição contínua entre dois pontos. Especificando o significado, permite controlar a instantaneidade da mudança, situando-a entre o (quase) imediato (10ms) e uma elevada atenuação (1000ms).

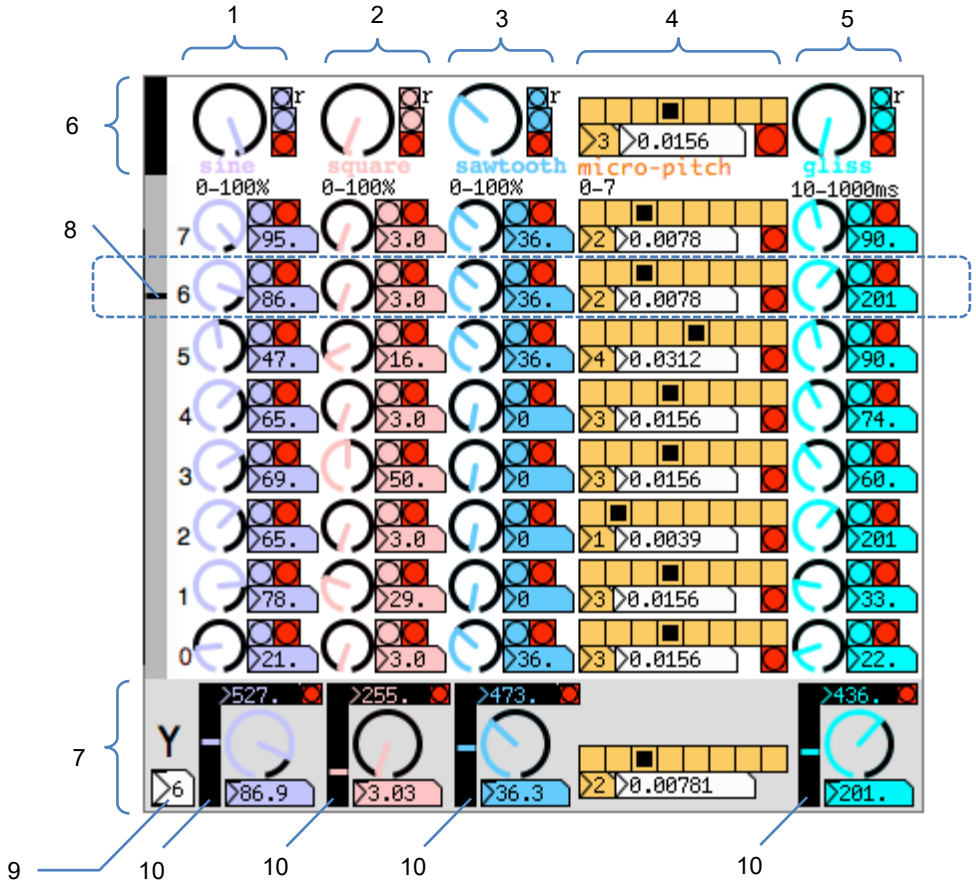


Figura 179. Consola de modulação sonora.

6.4.4. Ecrãs de aquisição gestual

São os dois *subpatches* que exibem a disposição visual da aquisição gestual. Funcionam como "ecrãs virtuais", ou seja, são as janelas virtuais exibidas nos ecrãs físicos exteriores. De notar que, no caso do *protótipo 4*, o ecrã serve apenas para exibir a disposição visual, sendo os dados dos eixos XYZ adquiridos pelo sistema acoplado à

gelatina; no caso do *protótipo 5*, o ecrã, para além de exibir a disposição visual, adquire o posicionamento XY através da interacção na sua superfície (Figura 180).

Para além dos ecrãs de aquisição gestual, existe o ecrã mestre do computador onde corre o *patch* do instrumento principal – o ecrã mestre – e um ecrã de apoio utilizado para aumentar o espaço visual na programação do *patch*. Este ecrã deve ser referenciado uma vez que as suas dimensões em píxeis foram tidas em consideração na programação. Assim, qualquer ecrã ligado ao computador mestre juntará os seus píxeis a este e a outros que a ele estejam ligados (mais informação no tópico "Tamanhos e proporções", p. 349.)

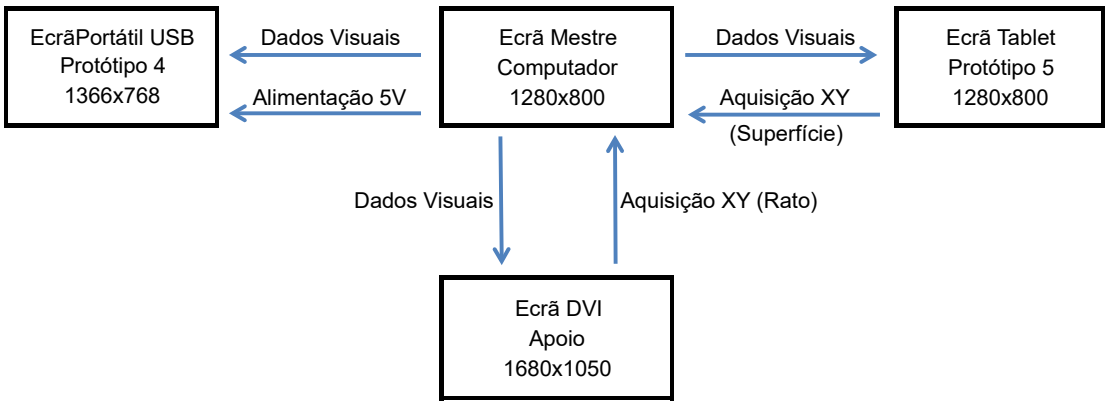


Figura 180. Diagrama de ecrãs.

Utilização da área visual dos ecrãs do protótipo 4 e protótipo 5

Uma diferença conceptual na utilização da área visual dos ecrãs diz respeito ao tipo de medidas utilizadas na programação: no ecrã do *protótipo 4* esta foi feita tendo em conta as medidas absolutas (métricas) de um ecrã concreto inserido numa estrutura concreta; enquanto que a programação do ecrã do *protótipo 5* foi pensada para qualquer ecrã táctil com uma resolução de 1280x800px, independentemente das suas medidas físicas.

Observando os ecrãs, o tipo de disposição visual é muito similar, mudando basicamente o tamanho físico (dependente dos ecrãs físicos) e a proporção dos mesmos. Na Figura 181 é possível comparar as duas versões, apresentadas à mesma escala em unidades de píxel.

Uma diferença observável é que, no caso do *protótipo 4*, a área das teclas não ocupa a totalidade da área visual do *subpatch*. A razão desta apresentação deve-se ao facto do desenho destes segmentos estar vinculado à matriz de aquisição gestual. No caso do *protótipo 5*, o desenho é feito em relação ao próprio ecrã. Existem ainda

pequenas diferenças de apresentação sem grande significado (tamanho e posição da informação alfanumérica, cor dos interstícios dos segmentos).

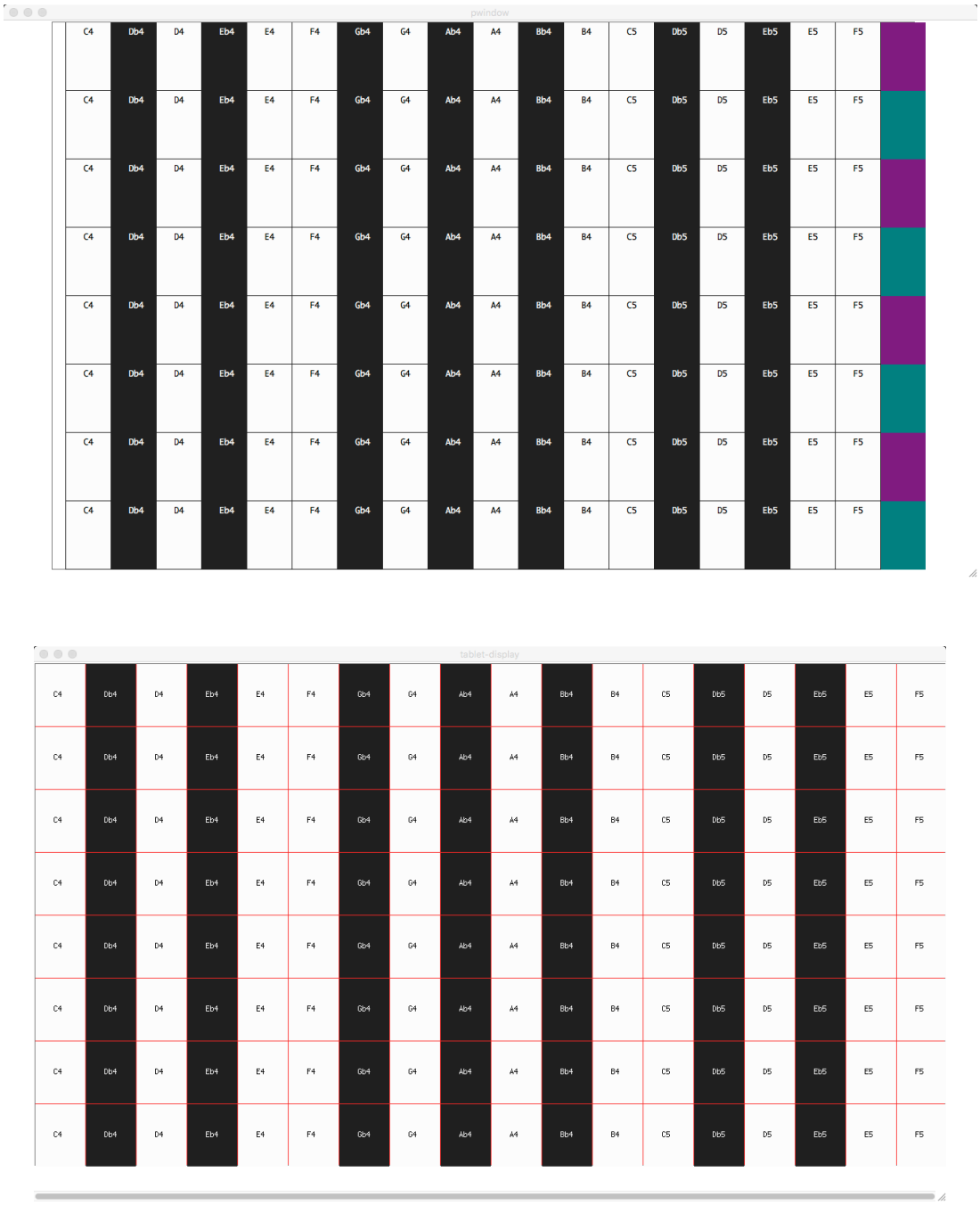


Figura 181. Comparação visual em píxeis dos ecrãs de aquisição gestual.
Janelas dos ecrãs do protótipo 4 (em cima) e protótipo 5 (em baixo).

Tamanhos e proporções

Vão ser descritos os tamanhos e proporções dos ecrãs utilizados nesta implementação. Há, contudo, um aspecto preliminar que importa esclarecer: unidades dependentes e unidades independentes.

As **unidades dependentes** são aquelas que foram definidas tendo em conta dimensões do *hardware*, ou seja, que estão obrigatoriamente vinculadas ao exterior da imagem luz. Este caso aplica-se ao *protótipo 4*, onde a programação foi feita em relação a uma matriz de 8 linhas com 18 segmentos com 16x24mm, ou seja, são as medidas métricas que determinam o número de píxeis por segmento. Deste modo, para a mesma medida externa, quanto maior for a resolução do ecrã (píxeis/área), mais píxeis são necessários para perfazer as medidas exteriores absolutas.

As unidades independentes são aquelas que dizem respeito apenas à resolução do próprio ecrã. No caso do *protótipo 5*, o tamanho do ecrã é indiferente[701], desde que respeite a resolução geral de 1280x800px.

O Quadro 11 mostra as principais dimensões e proporções dos ecrãs utilizados durante a programação. O ecrã com função de apoio, o modelo *HP 2229h*, foi utilizado como extensão da área de trabalho do ecrã mestre, sendo um elemento opcional. O ecrã mestre refere-se ao ecrã do computador onde corre o *patch* e respectivo sistema operativo, sendo obrigatoriamente utilizado. O ecrã mestre, nesta implementação, não tem capacidade de aquisição gestual[702], sendo o ecrã utilizado para a consola de controlo, estando o desenho da mesma dimensionado para tal.

A questão de utilizar diversas combinações de ecrãs necessita de explicação, uma vez que o modo de aquisição *tablet* (*protótipo 5*) vai ter em consideração o número de ecrãs utilizados e o posicionamento entre eles.

O rastreamento do posicionamento em píxeis vai funcionar como um todo, ou seja, vão ser somados todos os píxeis dos ecrãs conectados ao computador central. Exemplificando: juntando dois ecrãs com 1280x800px lado a lado, vão funcionar como um ecrã com 2560x800px; caso a junção seja sobreposta, então o resultado é 1280x1600px. Acresce que, como os píxeis são contados da esquerda para a direita, a

---

[701] Dentro dos limites razoáveis em relação ao suporte acoplado. Em teoria, desde que o suporte fosse adequado (tabuleiro e célula de carga), não existem restrições ao tamanho físico do *tablet* ou dispositivo equivalente.

[702] Excepto com o cursor do rato, embora com os constrangimentos gestuais implícitos neste dispositivo. Nesse caso, este periférico pode executar tudo o que estiver relacionado com os parâmetros dos eixos XY. E assim foi muitas vezes, quando foi necessário testar alguns aspectos prévios à montagem de *hardware*; e mesmo depois, sempre que fosse mais cómodo e adequado do que utilizar toda a estrutura.

ordem de posicionamento também deve ser tida em conta. Algumas considerações adicionais serão feitas na secção "6.4.5 - Mecanismo tablet".

MODELO	Asus MB 168B	HP 2229h	Macbook 13 Mid-2009	Lenovo TAB 2 A10-30 Tablet
Função	Protótipo 4	Apoio	Mestre	Protótipo 5
Diagonal (polegadas)	15.6	22	13.3	10.1
Resolução (píxeis)	1366x768	1680X1050	1280x800	1280x800
Dimensões* (mm) (f)	-	47.37x29.61	-	-
Dimensões* (mm) (c)	34.54x19.42	47.39x29.62	28.65x17.9	21.75x13.6
Proporção	1.7786 (16:9)	1.6 (16:10)	1.6 (16:10)	1.6 (16:10)
mm / Píxel (f)	0.252	0.282	-	-
mm / Píxel (c)	0.2529	0.2821	0.2238	0.17
Píxel /mm (c)	3.95413	3.54484	4.46828	5.88235
Píxel /cm (c)	39.54	35.45	44.68	58.82

** Interiores, ou seja, da parte luminosa.*
f = dados do fabricante
c = dados calculados

Quadro 11. Comparação dos ecrãs utilizados.

Nem toda a área visual do ecrã utilizados nos protótipos é utilizável, embora por diferentes razões. No caso do *protótipo 5*, há que descontar os píxeis do rebordo da janela (onde estão botões maximizar-minimizar), mais a barra superior do sistema operativo.

No caso do *protótipo 4*, a área útil é ainda menor: para além do referido para o *protótipo 5*, acresce que a área útil foi desenhada em função da matriz física da gelatina. Isto implica que uma considerável área do ecrã não seja utilizada (Figura 182). O Quadro 12 mostra as áreas brutas e utilizáveis nos ecrãs adstritos aos dois protótipos.

MODELO	Asus MB 168B	Lenovo TAB 2 A10-30 Tablet
Função	Protótipo 4	Protótipo 5
Resolução (píxeis)	1366x768	1280x800
Proporção original	1.7786 (16:9)	1.6 (16:10)
Área utilizada / Píxeis	1200x760	1275x702
Área utilizada / mm	30.35x19.22	21.68x11.93
Área utilizada / proporção	1.579	1.816

Quadro 12. Comparação das áreas de aquisição gestual.

Como foi visto, existem vários tipos de medida dos ecrãs, (i) as unidades absolutas do mundo real, expressas em medidas centímetros ou polegadas; (ii) as unidades relativas, expressas em pixéis; (iii) e as unidades mistas, conciliando as duas realidades, expressas em rácios (píxeis por polegada).

O tamanho físico do ecrã utilizado no *protótipo 4* é claramente superior, mesmo na sua área de interacção (Figura 182). De lembrar que, no caso do *protótipo 4*, as

medidas estão ligadas a um ecrã específico, pelo que utilização de outro ecrã poderia comprometer a correspondência com a matriz inserida na gelatina e, inclusivamente, impedir a sua inserção na estrutura do protótipo[703].

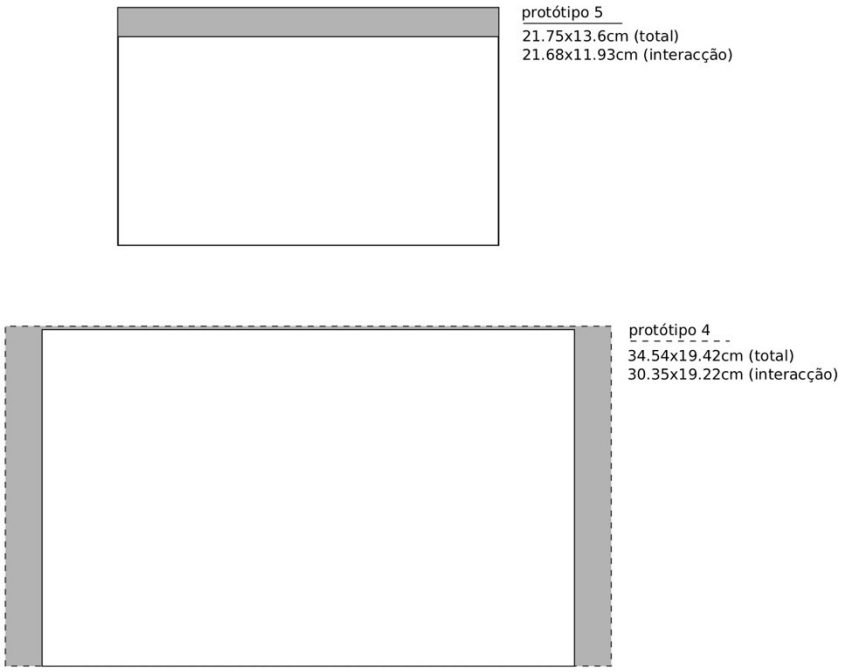


Figura 182. Comparação em centímetros das áreas de luz totais (cinza) e de interacção (branco).

Contudo, em termos de píxeis, eles são aproximadas, apenas mudando a proporção (Figura 183). No caso do *protótipo 5*, as medidas físicas são irrelevantes, sendo a unidade principal o tamanho em píxeis. Para a estrutura feita, qualquer *tablet* pode ser acoplado, respeitando a resolução e corporizando dimensões e peso adequados

[703] Seja pela sua altura (eixo Y), seja pela sua espessura (eixo Z).

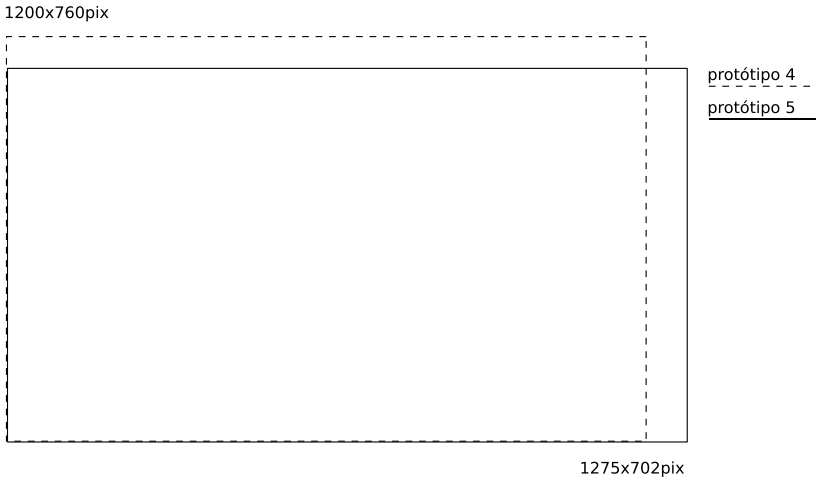


Figura 183. Comparação do tamanho da área de interacção em píxeis.

6.4.5. Mecanismo tablet

Vão ser apresentados todos os elementos exclusivos do modo de aquisição *tablet*, altamente dependente do número e posição dos ecrãs utilizados, necessitando de uma configuração prévia à sua utilização.

Consola de selecção de ecrã

Uma vez que o *patch* corre num computador diferente do ecrã usado para a aquisição gestual (*tablet*), é preciso acomodar essa situação. De notar que qualquer ecrã adicional funciona como uma extensão do ecrã onde corre o *patch,* ou seja, em relação ao ecrã do computador central. Isso é deveras importante porque o posicionamento XY não é absoluto em relação ao dispositivo de aquisição gestual, mas sim em relação ao conjunto e posicionamento dos ecrãs utilizados (aquisição gestual, computador central e qualquer outro adicionalmente ligado).

Sendo assim, é de prever todas as possibilidades de combinação de ecrãs sendo, neste caso, constituído por três ecrãs diferentes (*mac*, *tablet*, *hp*), um dos quais obrigatório (*mac*), por ser o ecrã do computador central (Figura 184).

Como a programação foi feita com a ajuda de um terceiro ecrã (por uma questão de área visual), foi preciso incorporar essa variável[704] (*hp*).

[704] No futuro poder-se-á equacionar a incorporação de outros tamanhos píxel comuns a outros modelos de ecrãs.

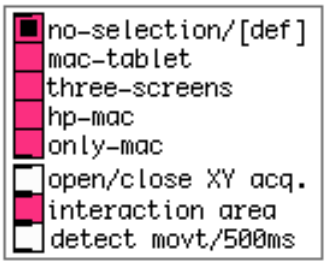


Figura 184. Consola de selecção de ecrã.

Consola de rastreamento posicional

Esta consola destina-se a exibir e parametrizar os elementos referentes ao posicionamento da aquisição gestual em modo *tablet*. É nesta área que se confirma o tipo de progressão numérica (Figura 185-1), a fronteira de *vibrato* (Figura 185-2) e o coeficiente de micro-variação de altura (Figura 185-3). Os resultados destas acções são explicadas no subcapítulo "7.2 - Resultados Sonoros".

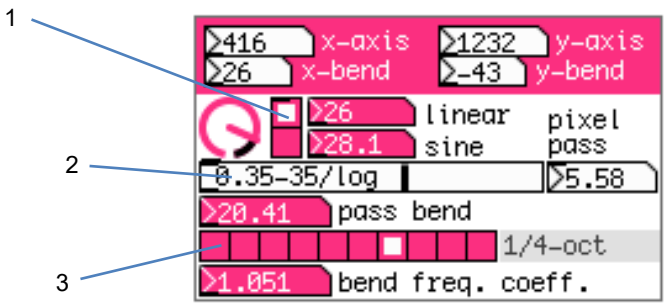


Figura 185. Consola de rastreamento posicional *Tablet*.

6.4.6. Mecanismo Random

O mecanismo *random* funciona, entre outras coisas, como um demonstrador e simulador de entrada de valores posicionais e de intensidade (eixos XZ e YZ).

Funciona, em termos de lógica, como o sistema de aquisição *analogic* afecto ao *protótipo 4*, razão pela qual os eixos X e Y fazem sempre par com o eixo Z. Por isso, para o eixo X, são gerados aleatoriamente 18 valores entre 0.01 e 1 ((1 a 100)/100); e o maior deles corresponderá ao posicionamento X, sendo esse o valor convertido em intensidade. Para o eixo Y, são gerados aleatoriamente 8 valores entre 0.01 e 1 ((1 a

100)/100); e o maior deles corresponderá ao posicionamento Y, embora, neste caso, o valor seja descartado (apenas se aproveita o valor de intensidade atribuída ao eixo X[705]).

Como no Instrumento Base (i) é possível tocar alturas diferentes como o mesmo timbre (ou seja, colunas diferentes na mesma linha) ou (ii) tocar timbres diferentes com a mesma altura (ou seja, diferentes linhas na mesma coluna); então a cadência de geração de valores aleatórios deve independente, ou seja, deve permitir diferentes cadências, quer para o eixo X, quer para o eixo Y (Figura 186), de forma a simular a aquisição gestual inerente ao *protótipo 4*. Além disso, vai permitir explorar, de forma contínua a mesma altura com diferentes timbres (caso o eixo Y tenha uma cadência superior ao eixo X), da mesma forma que diferentes alturas contenham o mesmo timbre (caso o eixo X tenha uma cadência superior do eixo Y).

Por uma questão de concepção musical, a escala temporal do eixo X é diferente do eixo Y, embora partilhem valores. Partiu-se do princípio que o eixo X (afecto às primariamente às alturas) tem uma utilização mais intensiva que a do eixo Y, sobretudo quando a superfície de aquisição gestual está configurada com apenas uma escala.

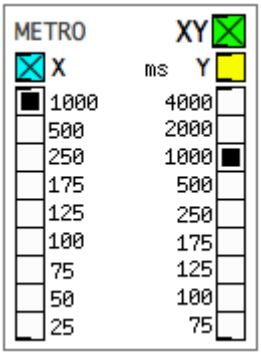


Figura 186. Consola “random”.

6.4.7. Consola de controlo visual

A parte do controlo visual é, conceptualmente, a mais complexa, uma vez que trata das configurações visuais e escalares com diferentes variáveis, gerando um elevado número de possibilidades visuais. Nesta implementação os aspectos visuais e sonoros estão

[705] No futuro, este valor poderá ser utilizado. Contudo, como o sistema *random* é uma simulação de valores saídos da superfície de aquisição gestual do *protótipo 4*, no fundo está a utilizar, de forma dissimulada, o modo de aquisição *analogic*. Como os valores Z do eixo Y do protótipo não são muito fiáveis, devido a situarem-se numa camada inferior da gelatina, eles são descartados. Logo, o mesmo acontece aos valores Z gerados pelo mecanismo *random*. Assim sendo, convencionou-se que os valores YZ serão utilizados para determinar qual a linha Y seleccionada (ou seja, o maior de 8 valores), mas não serão utilizados para determinar o valor concreto de intensidade (nesse caso vinda do maior dos 18 valores captados no eixo X).

intimamente interligados, uma vez que a uma determinada escala, corresponde uma determinada visualidade. Acresce ainda que, a mesma escala, pode ser apresentada de várias maneiras e – aproveitando as possibilidades da flexibilidade visual –, podem ser combinadas diferentes escalas e diferentes configurações. A coordenação de todos estes aspectos é feita, como será abordado à frente, com a aplicação de hierarquias nas próprias variáveis.

Em suma – e em teoria –, com as variáveis em jogo, poderiam ser apresentadas – literalmente – milhares[706] de combinações diferentes. Esta ordem de grandeza, como será percepcionada ao longo da exposição, é apenas uma possibilidade matemática: a sua aplicação musical é uma coisa completamente distinta. Mas não deixa de ser um indicador do grau de flexibilidade visual que as imagens de ecrã podem proporcionar.

Funcionamento geral

A área de selecções visuais corresponde à zona horizontal mostrada na parte superior da Figura 187. Ela compreende vários aspectos como (i) a divisão vertical da tecla (Figura 187-1), (ii) a escala mostrada tecla (Figura 187-2), (iii) aspectos de referenciação visual tecla (Figura 187-3), (iv) transposição por movimentação de graus tecla (Figura 187-4) e (v) transposição por reajustamento de grau tecla (Figura 187-5). Todos estes aspectos serão devidamente explanados nos tópicos seguintes.

Todos os grupos estão divididos em 8 linhas, correspondentes à divisão máxima do eixo Y, ou seja, cada linha da matriz do eixo Y. Esta segmentação proporciona configurações independentes em cada uma delas. De notar que alguns destes grupos têm, na parte superior da tira cinzenta, um selector *master* (M), que possibilita a selecção simultânea de todas as linhas Y.

As imagens exemplificativas são referentes ao monitor *tablet (protótipo 5)*, por uma questão de conveniência. Contudo, a lógica visual é exactamente igual à do monitor do ecrã do *protótipo 4*, tirando os detalhes visuais mostrados na Figura 181.

[706] Número calculado de forma muito conservadora: só a segmentação vertical de tecla permite obter 128 variantes. Ao aplicar diferentes escalas, transposições, referenciações e, combinando todos estes elementos, é rapidamente alcançado o duplo milhar de combinações.

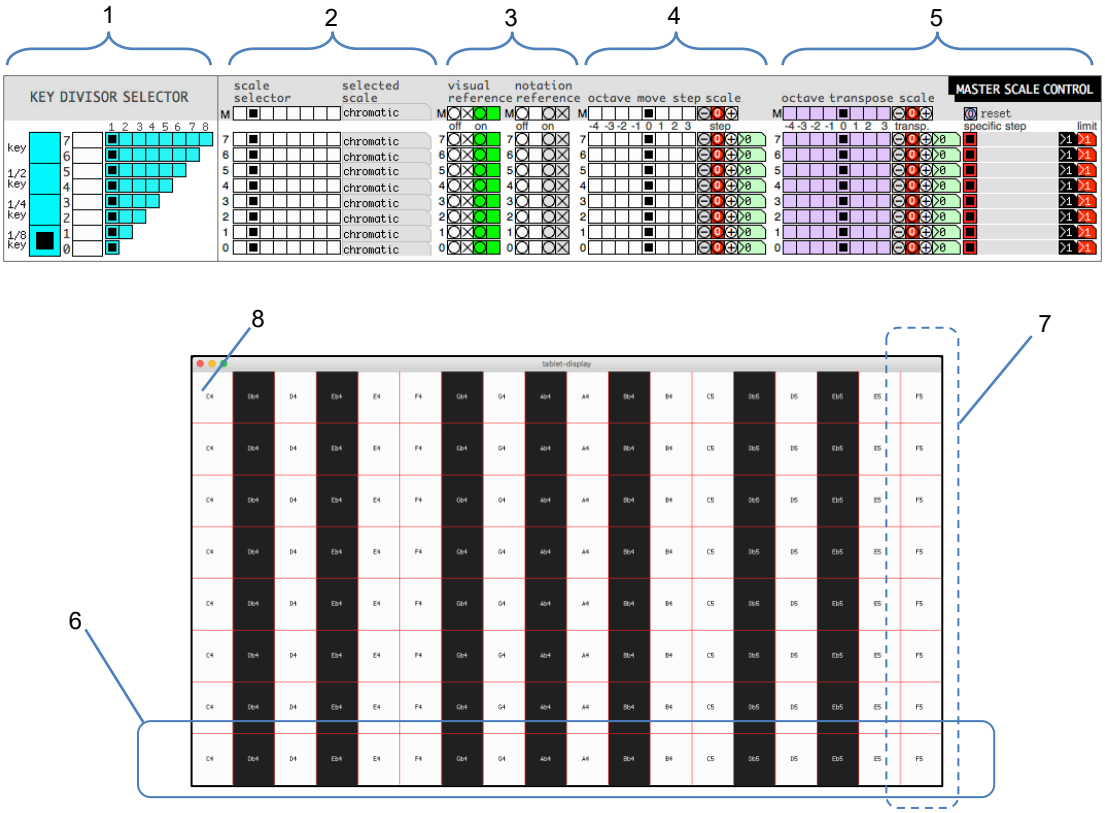


Figura 187. Consola geral de selecção visual.

(1) Comando de divisão vertical de tecla. (2) Comando de selecção de escala. (3) Comando de referenciação visual de tecla. (4) Comando de transposição por movimento de grau. (5) Comando de transposição por reajustamento de grau. (6) “Ecrã Tablet”: divisão vertical máxima (oito partes), linha 0 destacada (0 a 7). (7) “Ecrã Tablet”: divisão horizontal fixa, ou seja, 18 segmentos verticais, coluna 17 destacada (0 a 17). (9) Notação escalar.

Divisor de tecla

Esta consola reveste-se de uma importância fundamental na definição de todas as outras variáveis visuais. Apesar de se destinar simplesmente a escolher a divisão vertical da tecla, ela permite ampliar as combinações visuais; e, em sentido inverso, fundir as divisões, reconfigurando os aspectos visuais.

De notar que a divisão vertical de teclas apenas apresenta, de maneira subdividida, aquilo que se encontra unido. Mas o contrário, ou seja, fundir o que se encontra dividido tem outro tipo de implicações: **a junção de coisas diferentes vai obrigar a optar por uma delas**. Esta é a lógica que vai ser implementada, segundo a qual, cada área discreta de altura só pode conter uma altura previamente definida.

Vão ser descritos dois processos diferentes (**A** e **B**) utilizando a lógica exposta, exemplificando com duas notas musicais (Dó e Sol):

A. Divisão de segmentos

(i) em cada segmento só é possível a mesma nota musical (os segmentos variam entre 1 a 8 unidades de área);

(ii) em cada unidade de área de segmento vai estar obrigatoriamente 1 nota musical;

(iii) escolhendo *dó* como nota musical, um segmento com 2 unidades de área vai conter 2 "dós";

(iv) o segmento anterior pode ser dividido em 2 partes, logo ficam 2 segmentos de 1 unidade de área, ou seja, com 1 dó em cada segmento;

(v) é possível reverter o processo, ou seja, juntar as 2 "dós" num único segmento com 2 unidades de área, uma vez que se trata da mesma nota.

B. Junção de segmentos

(i) *idem*;

(ii) *idem*;

(iii) *idem*;

(iv) *idem*;

(v) num dos segmentos foi trocado um *dó* por um *sol*, ficando notas diferentes em cada segmento;

(vi) só é possível reverter o processo se, e só se, ficar um segmento 2 unidades de área com 2 "dós" ou com 2 "sóis", ou seja, a mesma nota musical.

Apresentada a lógica, a mesma vai ser exemplificada no contexto próprio, permitindo a sua plena compreensão.

Divisão isométrica

Esta consola diz respeito à divisão vertical das teclas por ⟨1, 2, 4, 8⟩ partes de igual tamanho, ou seja, proporcionando ⟨1, 1/2, 1/4, 1/8⟩ de tamanho de tecla. De notar que cada divisão vai permitir seleccionar apenas as variáveis dentro da mesma linha, ocultando a parte que não está dividida (Figura 188-1). Por defeito, todas as características ocultadas da divisão correspondem à selecção principal.

A Figura 188 mostra como a selecção de tecla inteira (Figura 188-1) vai automaticamente ser espelhada no selector individual (Figura 188-2), indicando o tamanho total em unidades mínimas de segmento (a tecla inteira tem o tamanho de 8 unidades mínimas de segmento). Além disso, há um indicador visual do aspecto da tecla

(Figura 188-3) que representa a divisão apresentada no ecrã da superfície de aquisição gestual (Figura 188-5, neste caso apenas colunas inteiras).

Devido ao tamanho da tecla, todas as variáveis visuais e escalares estão adstritas à linha superior, sendo a área de exclusão visual (Figura 188-4) uma continuação dos valores da linha superior.

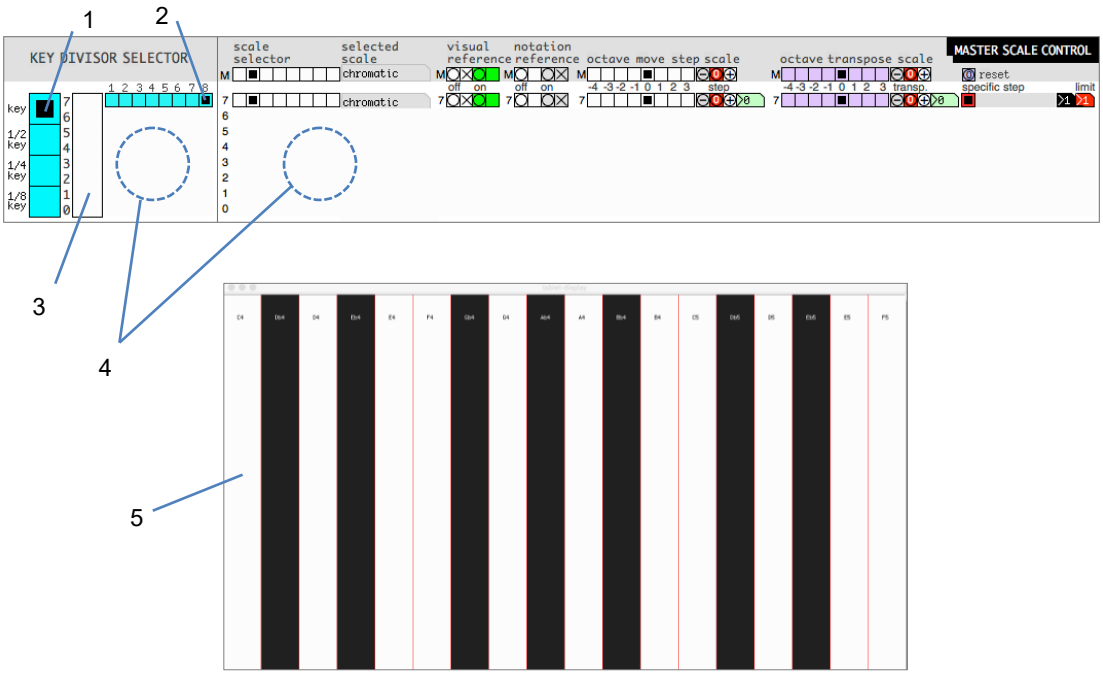


Figura 188. Painel geral: selecção tecla inteira.

(1) Selector de divisão isométrica. (2) Selector de divisão assimétrica (automaticamente vai assumir a opção de (1), ou seja, o tamanho máximo (8/8 Logo ⇒ 1 ou tecla inteira)). (3) Visualizador de divisão. (4) Zona de exclusão visual. (5) Exemplo de resultado final: tecla inteira, escala cromática (c4-f5), sem referência visual de oitava, com referência de notação, sem qualquer tipo de transposição.

Ao dividir a tecla ao meio (Figura 189-1), a selecção é automaticamente actualizada no selector assimétrico (Figura 189-2) e no visualizador de selecção (Figura 189-3). Este último é útil para o caso da janela de aquisição gestual (Figura 189-5) não estar visível. De notar que as zonas de exclusão visual se adaptaram à selecção da tecla ao meio (Figura 189-4). Posteriormente, no selector de escalas foi seleccionada a escala de 1/4 de tom, por uma questão de contraste visual e exemplificação de independência dos parâmetros de cada metade da tecla[707].

[707] Para ver esta acção desdobrada em vários etapas, consultar Apêndice D 20.

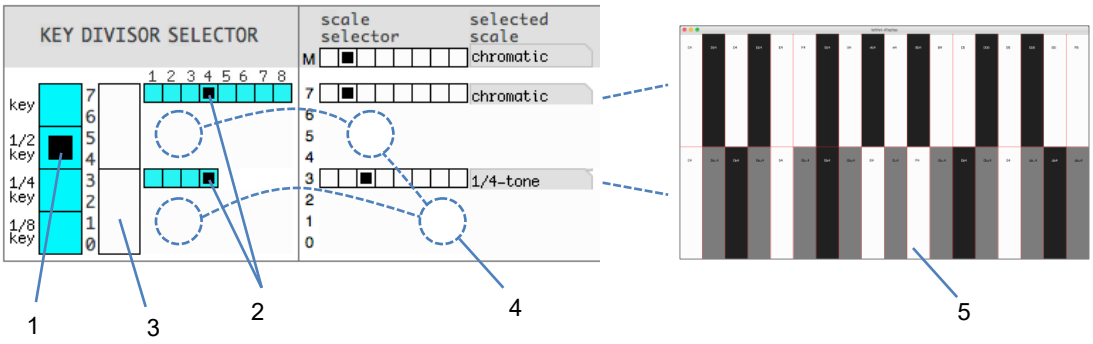


Figura 189. Exemplos da divisão horizontal da tecla em {1/2}. Selecção de escala diferente para melhor visualização do resultado.

(1) Selecção 1/2 tecla. (2) Automaticamente selecciona o equivalente no selector assimétrico (4/8 + 4/8 Logo ⇒ 1/2 + 1/2). (3) Visualização da 1/2 tecla. (4) Zona de exclusão. (5) Janela de aquisição gestual.

Na Figura 190 estão representadas as divisões de 1/4 de tecla (Figura 190-1-2-3-4) e 1/8 de tecla (Figura 190-5-6-7), esta última já sem zona de exclusão visual. Em ambos os casos foram mudadas as escalas para melhor contraste visual, à semelhança do que foi feito na Figura 189.

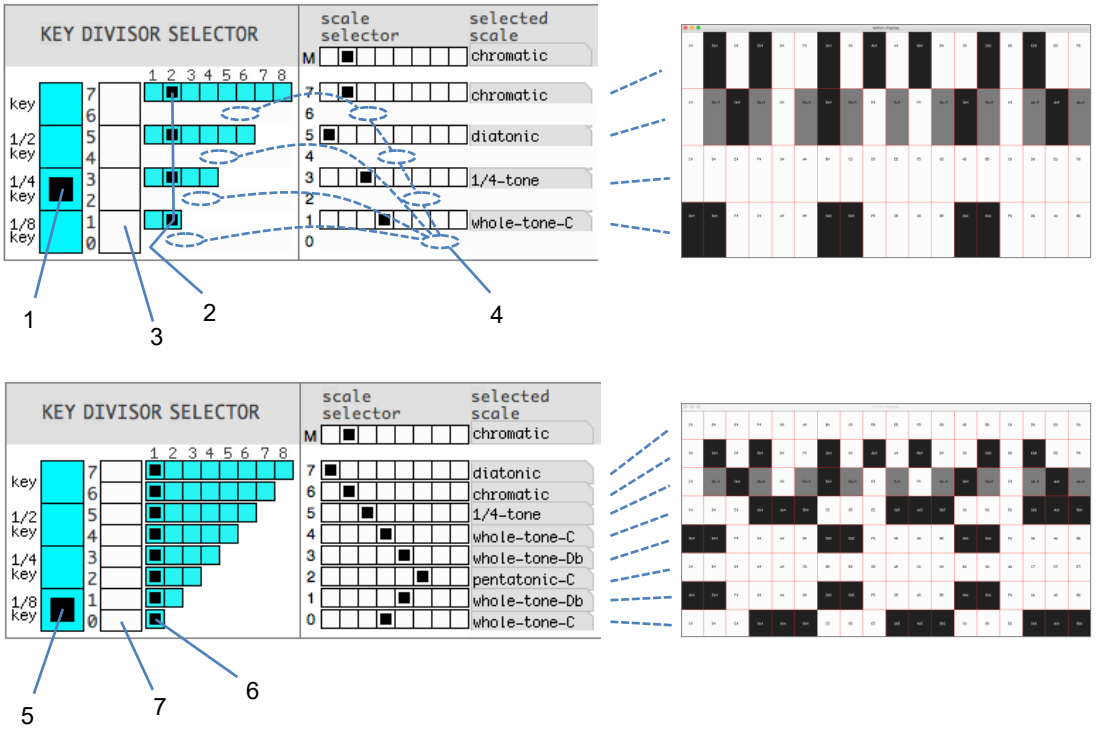


Figura 190. Exemplos da divisão horizontal da tecla em {1/4, 1/8}. Selecção de escalas diferentes para melhor visualização do resultado.

(1) Selecção de 1/4 tecla. (2) Automaticamente selecciona o equivalente no selector assimétrico (2/8 + 2/8 + 2/8 + 2/8 Logo ⇒ 1/4 + 1/4 + 1/4 + 1/4). (3) Visualização de 1/4 tecla. (4) Zona de exclusão visual. (5) Selecção de 1/8 tecla. (6) Automaticamente vai

seleccionar o equivalente no selector assimétrico (1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8). (7) Visualização da 1/8 tecla.

Selecção assimétrica

Esta selecção permite a divisão vertical em partes desiguais. A divisão simétrica foi apresentada por ter um selector próprio e ter sido a primeira a ser implementada. Mas, na verdade, houve necessidade de obter adicionalmente uma divisão mais flexível e, sendo assim, a divisão assimétrica – tal como foi implementada – tanto pode servir para configurações simétricas como assimétricas.

Antes de passar à exemplificação, são enunciados os princípios que determinam a lógica de funcionamento do selector assimétrico:

i. A lógica da leitura e hierarquização vai de cima para baixo – mormente a numeração ter sido feita de baixo para cima (0-7 linhas);

ii. Ao escolher novo tamanho inferior ao previamente seleccionado, o tamanho sobejante vai ser convertido em unidades de divisão mínima de tecla (1/8 de tecla);

iii. Ao escolher um tamanho superior ao previamente seleccionado, vão ser assimiladas as unidades de divisão mínima de tecla até perfazer o tamanho pretendido;

iv. Ao escolher um tamanho superior ao previamente seleccionado, **se** a(s) unidade(s) de divisão mínima necessária(s) se encontrar(em) agrupada(s) noutro conjunto, **então** vai ter de desfazer esse mesmo conjunto em unidades de divisão mínima de tecla e assimilar as necessárias;

v. De notar que a divisão mínima de tecla corresponde ao seu máximo tamanho; assim como a divisão máxima corresponde ao seu tamanho mínimo, neste caso um conjunto de 8 unidades de 1/8 de tecla.

De modo a compreender os princípios de funcionamento, estes vão ser ilustrados com exemplos de todas as situações apontadas.

Na Figura 191 está exemplificada a consola de divisão de tecla com dois tipos de selecção: (1) a divisão mínima (tecla inteira, exemplo da esquerda) e (2) a divisão máxima (1/8 de tecla, exemplo da direita).

A divisão mínima foi acedida através da linha superior do selector assimétrico (Figura 191-1), sendo o comprimento da tecla esquematizado no visor de referenciação (Figura 191-2). De notar que a utilização do selector assimétrico não interfere no

selector simétrico. Apesar da selecção de ambos ser consonante, trata-se apenas de uma coincidência[708].

Partindo da tecla inteira, foi aplicada a divisão máxima ao seleccionar o "comprimento 1" no selector assimétrico (Figura 191-3), desmembrando a tecla toda em 1/8 de tecla (a divisão máxima), tal como mostra o visor de referenciação (Figura 191-4). De notar que, neste caso, o selector simétrico não se alterou (permanecendo em tecla inteira), uma vez que não é influenciado pelo seu congénere assimétrico[709].

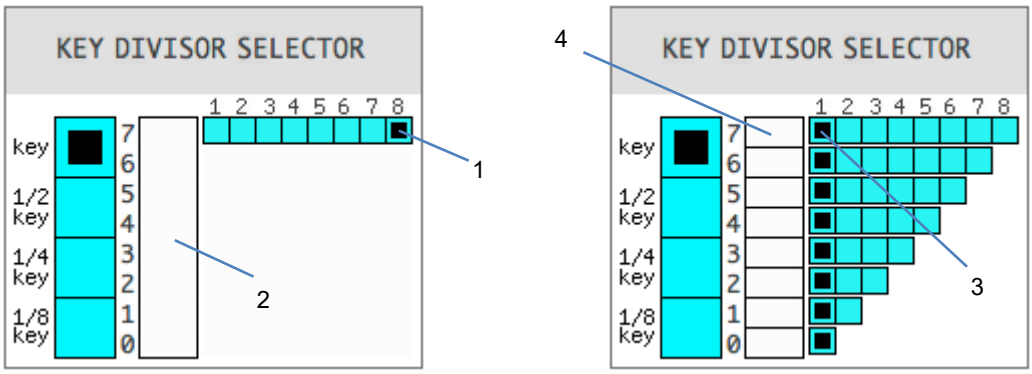


Figura 191. Unidades de divisão mínima (esquerda) e máxima (direita).

(1) Selector e mostrador de tamanho de tecla. Como selector, indica que pode ser escolhido qualquer tamanho entre ⟨1⟩ (1/8 de tecla, i. e. unidade mínima) e ⟨8⟩ (8/8 de tecla, i. e. tecla inteira). Como mostrador indica o tamanho da tecla a partir da linha seleccionada. No exemplo da esquerda, o tamanho é de 8 unidades mínimas, ou seja, 8/8 de tecla Logo ⇒ 1 (tecla inteira). (2) Tamanho máximo de tecla, ou seja, tecla inteira. (3) Selector e mostrador de tamanho de tecla. Como selector, indica que pode ser escolhido qualquer tamanho entre ⟨1⟩ (1/8 de tecla, i. e. unidade mínima) e ⟨8⟩ (8/8 de tecla, i. e. tecla inteira). Neste caso foi escolhido o tamanho ⟨1⟩. Como mostrador indica mostra o tamanho seleccionado, bem como outros tamanhos possíveis. (4) Tamanho mínimo de tecla, ou seja, 1/8 de tecla ou unidade mínima de medida.

De seguida vai ser apresentado um exemplo um pouco mais complexo: passagem de tecla inteira para uma divisão ⟨3+2+2+1⟩, tal como ilustrado na Figura 192. A explicação detalhada da sequência é a seguinte:

---

[708] Já o contrário funciona de forma diferente, como foi exposto anteriormente: ao utilizar as selecções simétricas, o selector assimétrico vai assumir automaticamente as selecções do primeiro.

[709] **Nota importante**: como a lógica de leitura é de cima para baixo, quanto mais cimeiras forem as linhas, maior o conjunto de tamanhos seleccionáveis; assim como, quanto mais fundeiras, menor possibilidade de escolha. Isto acontece porque apenas podem ser seleccionados os tamanhos sobejantes das linhas cimeiras, pelo que cada linha inferior vai perdendo, consecutivamente, uma unidade mínima de tamanho de tecla. Como corolário desta situação, a linha mais fundeira (linha 0), só pode apresentar um único tamanho, precisamente aquele que sobrou de todas as subtracções das linhas cimeiras, ou seja, a própria unidade mínima de tamanho de tecla.

a. O ponto de partida é a tecla inteira ⸢8⸣;
b. No qual vai ser seleccionado o comprimento ⸢5⸣ na linha 7[710] do selector assimétrico, sobejando 3 segmentos com o comprimento ⸢1⸣, ou seja, ficando ⸢5+1+1+1⸣;
c. Na linha 2 é seleccionado o comprimento ⸢2⸣, sobejando ⸢1⸣, ou seja, ficando ⸢5+2+1⸣;
d. Na linha superior (linha 7), o comprimento ⸢5⸣ é alterado para ⸢3⸣, sobejando ⸢1+1⸣, ou seja, ficando ⸢3+1+1+2+1);
e. Finalmente é atribuído o comprimento ⸢2⸣ à linha 4, obtendo-se a configuração final pretendida de ⸢3+2+2+1⸣.

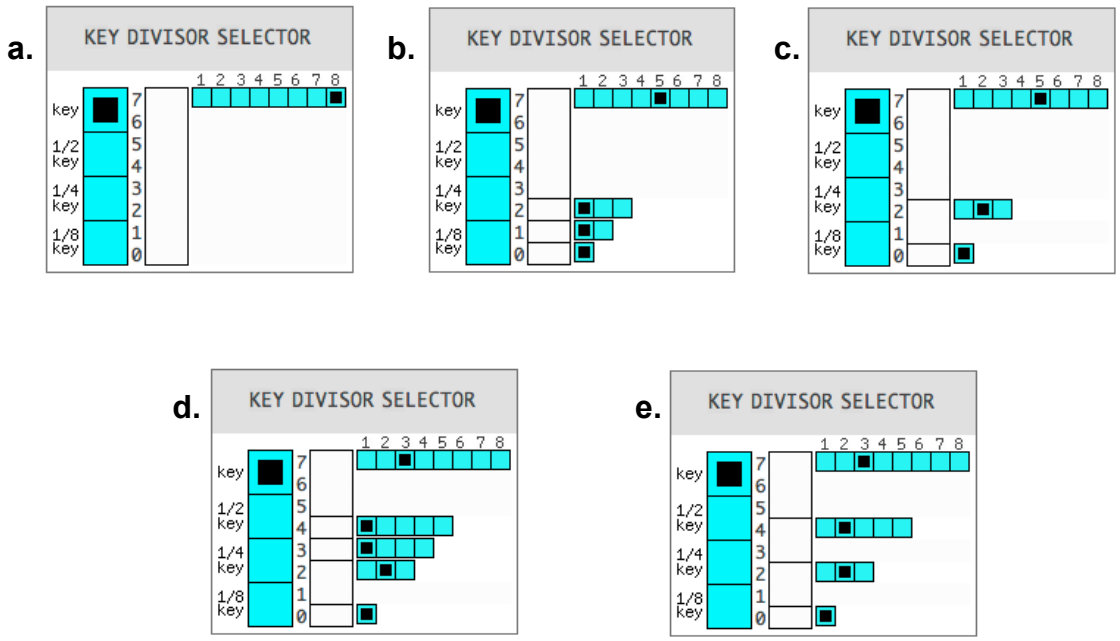


Figura 192. Percurso de divisão assimétrica de {8} para {3+2+2+1}.

Legenda: a.{8}, b.{5+1+1+1}, c.{5+2+1}, d.{3+1+1+2+1}, e.{3+2+2+1}.

Explicação sumária do percurso mostrado na Figura 192: a) Tecla inteira; b) Selecção de {5} para sobejarem {1+1+1}; c) Aglutinação de {1+1+1} em {2+1}, estando o fundo da tecla concluída; d) Divisão do {5} em {3}, sobejando {1+1}; e) Finalmente junção de {1+1}, fazendo finalmente a configuração {3+2+2+1}.

[710] Atenção à numeração das linhas: de 0 a 7, de baixo para cima.

A lógica apresentada permite outras maneiras de atingir o mesmo fim, seja por diferentes divisões ou reagrupamentos de 1/8 de tecla. Na Figura 193 é mostrado um percurso alternativo para chegar à configuração de {3+2+2+1}.

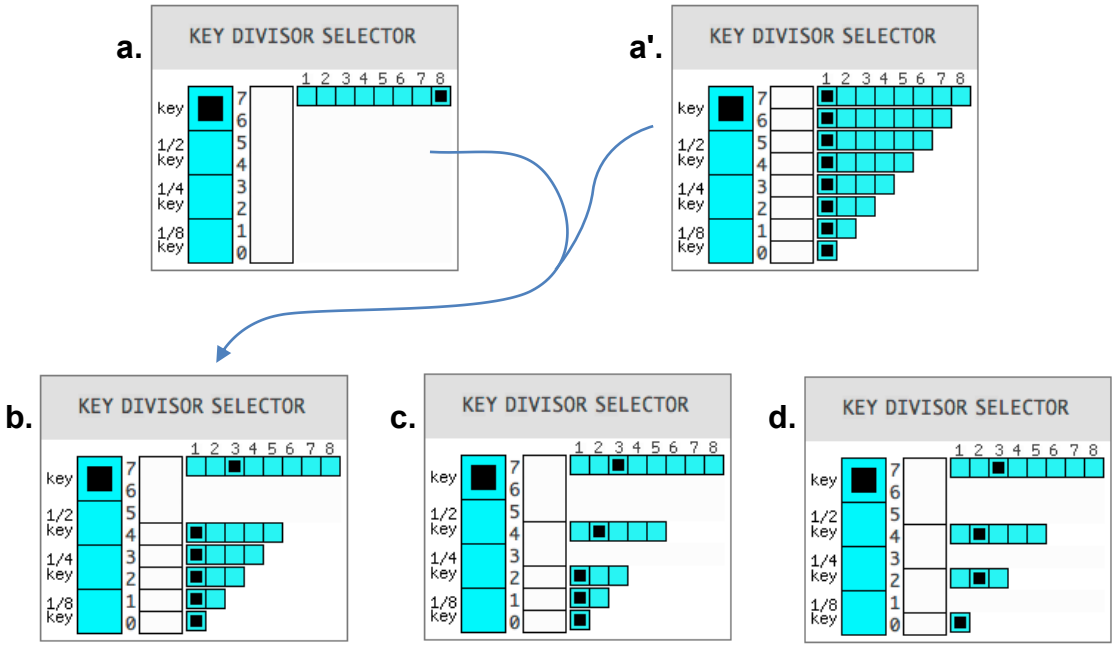


Figura 193. Percurso de divisão assimétrica de {8} para {3+2+2+1}: caminho alternativo à Figura 192.

Explicação do percurso mostrado na Figura 193:

a) Ponto de partida com tecla inteira;

OU

a') Ponto de partida com tecla fraccionada (8 partes).

ENTÃO

b) Divisão (vindo de "a.") ou agrupamento (vindo de "a'.") da linha superior em {3}, sobejando {1+1+1+1+1}. A partir deste momento o percurso é o mesmo para os pontos de partida apresentados.

c) Agrupamento de {2} na linha 4, sobejando {1+1+1};

d) Agrupamento de {2} na linha 2, sobejando {1}, fazendo finalmente a configuração {3+2+2+1}.

União de conjuntos com tamanhos inconciliáveis

Este ponto é dedicado à união de conjuntos com diferentes comprimentos, mas cuja reorganização causa interferência entre eles. As uniões de unidades mínimas já tinha sido efectuada no tópico anterior, mas estas não interferiam com a reorganização das linhas inferiores. No tópico anterior dividia-se sempre antes de juntar; agora reorganiza-se de uma forma mais directa, mas com outras implicações.

A novidade deste tópico é uma redefinição de disposição visual um pouco mais complexa, aplicando a lógica do ponto iv do tópico "Divisor de tecla" (ver p.356). Assim sendo, ao passar de uma divisão de tecla de {3+5} para {5+3}, as fronteiras de divisão vão necessariamente passar por uma reorganização visual mais radical.

Na Figura 194 encontra-se ilustrado esse processo:

a. Ponto de partida {3+5};
b. Ao seleccionar o comprimento {5} na linha superior da *imagem b*, vai colidir com a organização prévia de comprimento *5 da imagem a*. Sendo assim, o novo comprimento ⟨5⟩ vai retirar 2 segmentos ao conjunto, desfazendo comprimento ⟨3⟩ sobejante, deixando-o com a configuração de ⟨1+1+1⟩[711];
c. Finalmente o sobejante é agrupado num comprimento ⟨3⟩.

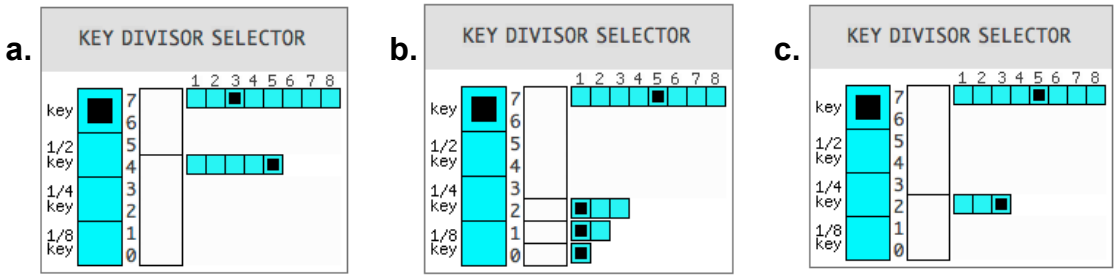


Figura 194. Reorganização de {3+5} para {5+3}.

O processo inverso, ou seja de ⟨5+3⟩ para ⟨3+5⟩, realiza-se de maneira diferente, uma vez que não há colisão entre os diferentes comprimentos (Figura 195). Isto sucede porque não é possível seleccionar o tamanho ⟨5⟩ na linha 4, uma vez que se trata de uma zona de exclusão. Assim sendo, o processo realiza-se da seguinte forma:

a. Ponto de partida;
b. Selecção de comprimento ⟨3⟩ na linha superior, sobejando os comprimentos ⟨1+1⟩, o que na totalidade gera a configuração ⟨3+1+1+3⟩;

[711] Dito de outra forma, o comprimento ⟨5⟩ da linha superior (*imagem b*) "conquistou" 2 segmentos ao comprimento ⟨5⟩ da *imagem a*. Num universo de 8 segmentos, não podem existir, lado a lado, 2 conjuntos de comprimento ⟨5⟩. Para isso, seriam precisos, no mínimo, 10 segmentos! Portanto, o conjunto superior de comprimento ⟨5⟩ ao conquistar 2 segmentos, estilhaçou o conjunto inferior. Foi essa a lógica aplicada. Poder-se-ia ter passado directamente de ⟨3+5⟩ para ⟨5+3⟩, fazendo o processo ainda mais directo. Mas há uma razão para insistir na subdivisão obrigatória: a conjugação de todas as variáveis (Figura 187-1 a Figura 187-5)! Dito de outra maneira: o processo de configuração visual ainda só está no seu início e, fazendo uma antevisão da conjugação com as outras variáveis, no cômputo geral, esta foi a lógica considerada a mais simples e adequada.

c. Por fim selecção do comprimento {5} na linha 4, o que gera a disposição final de {3+5}. Em relação a este último passo, como o comprimento {5} contém abrange a disposição {1+1+3}, ela é agrupada de forma automática.

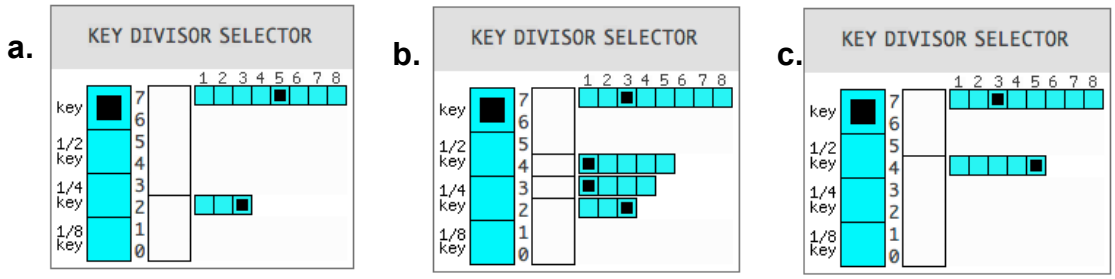


Figura 195. Reorganização de {5+3} para {3+5}.

A hierarquia das uniões

Este ponto está relacionado com a conjugação do tamanho de tecla com as restantes variáveis visuais, tornando mais clara a necessidade de estabelecer a seguinte hierarquia: quando um conjunto de subdivisões é unificado, a unidade resultante assume todas as selecções da linha cimeira que, note-se bem, é o local onde foi dada a instrução da união.

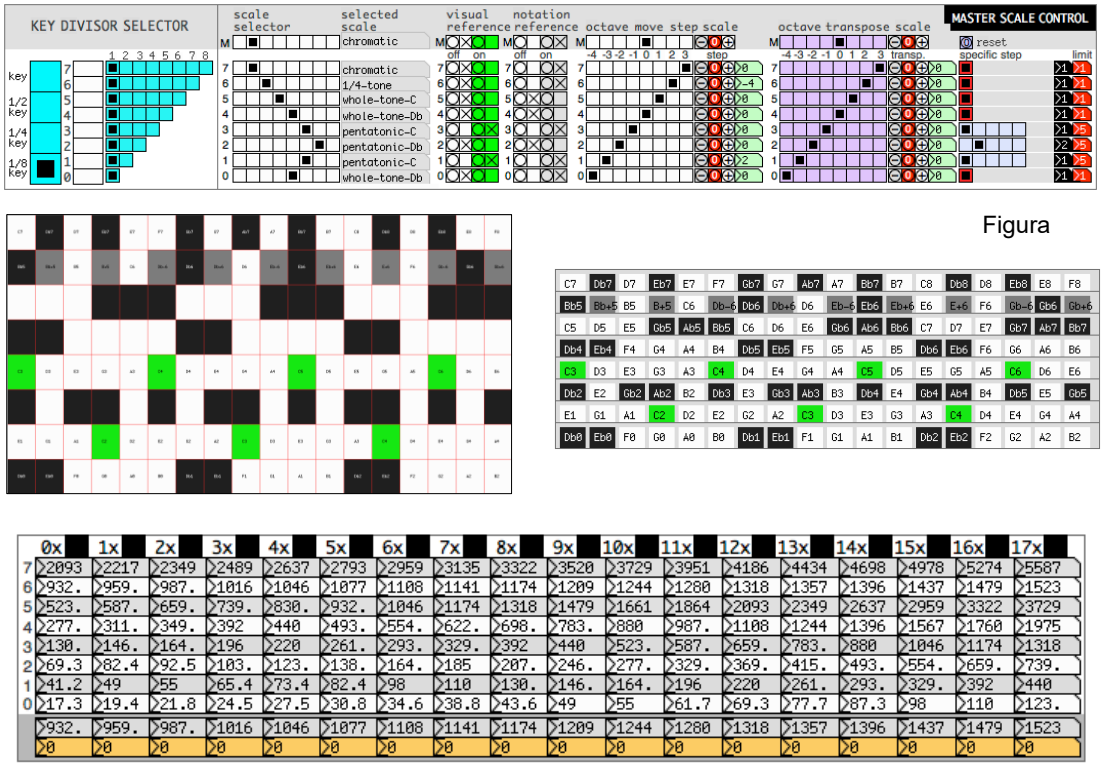
Esta condição é fundamental porque as combinações visuais, ao serem díspares, precisam de um critério para a sua unificação, como doravante vai ser mostrado.

A Figura 196 mostra uma configuração visual deveras díspar: (1) fragmentação da tecla a 1/8 de comprimento, (2) escalas diferentes em cada linha contígua; (3) algumas linhas têm informação alfabética, outras não; (4) algumas linhas têm coloração da nota dó (C), outras não; (5) transposição de oitava cada linha contígua; (6) mudanças da nota onde começa a escala e (7) mudanças de transposição escalares. O quadro de frequências reflecte as escolhas visuais atrás descritas.

Este é o ponto de partida sobre o qual vão ser efectuadas as uniões de linhas. Como este tópico é a continuação da explicação do divisor de tecla, ainda não foram expostos os diversos selectores visuais envolvidos. Sendo assim, foi preciso optar por uma das seguintes situações: (1) ou se explicava o funcionamento de cada selector visual e, bastante depois, voltava-se a encadear a sua conjunção com o divisor de tecla; (2) ou continuava-se a explicar o funcionamento do divisor de tecla e mais tarde explicava-se cada um dos selectores.

Nenhuma opção seria perfeita e, por uma questão de continuidade, optou-se pela última solução. Além disso, e muito importante, a união de variáveis visuais é auto-explicativa, ou seja, mesmo sem a explicação completa – e como as variáveis têm uma

representação visual própria e distinta – a lógica da sua reorganização é visualmente elucidativa.



Figura

196. Ponto de partida com selecções diversificadas.

A parte superior da imagem mostra a tira das selecções visuais; no meio à esquerda situa-se o ecrã visualizado no *tablet*; no meio à direita o monitor de referência interno; na parte inferior a consola de frequências.

A Figura 197 mostra a união de 1/8 de tecla para uma disposição de $\{3+3+2\}$. Independentemente das variáveis visuais envolvidas, elas vão assumir a configuração presente nos segmentos seleccionados[712]:

- Linha 7, comprimento $\{3\}$;
- Linha 4, comprimento $\{3\}$;
- Linha 1, comprimento $\{2\}$.

Assim sendo, as linhas 5 e 6 vão assumir as variáveis da linha 7; as linhas 2 e 3 vão assumir as variáveis da linha 4 ; e, por fim, a linha 0 vai assumir as variáveis da linha 1.

[712] Chamada de atenção: como já foi dito, as 8 linhas estão numeradas de 0 a 7!

Deste modo, **todas as consolas e ecrãs vão ser ajustadas**, incluindo as respectivas frequências. De recordar que o monitor de referência (Figura 197, no meio à direita) permanece sempre fragmentado e com informação alfabética, uma vez que foi construído intencionalmente dessa forma.

É redundante descrever todas as alterações ocorridas na imagem, sendo mais frutífero fazer uma comparação judiciosa entre a Figura 196 e a Figura 197.

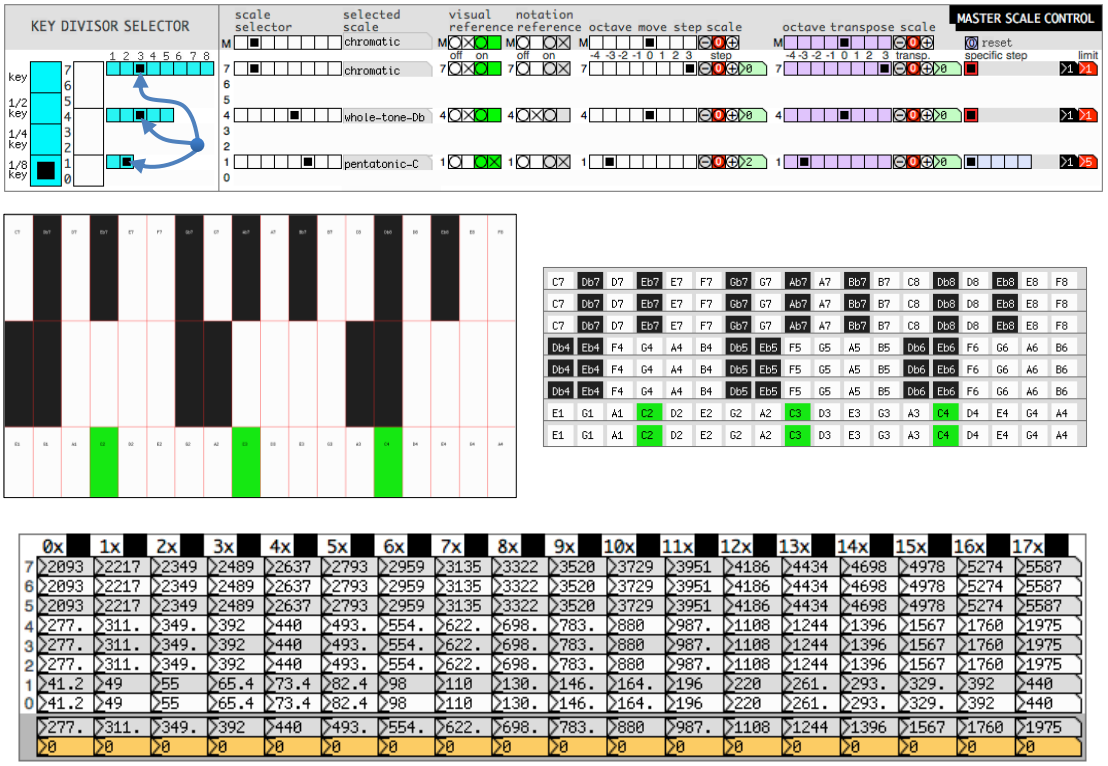


Figura 197. União de unidades individuais para {3+3+2}: as setas mostram os locais da selecções de união.

O próximo passo é a unificação total, ou seja, a passagem de uma configuração de {3+3+2} para tecla inteira {8}. Tal como mostra a Figura 198, todas as variáveis vão assumir os parâmetros da linha superior, aquela onde foi seleccionado o comprimento {8}. Assim sendo, a linha 4 e a linha 1 – tal como antes mostradas na Figura 197 –, vão assumir as variáveis da linha 7. Mais uma vez se apela para a comparação de imagens, mais simples e efectiva que uma descrição textual.

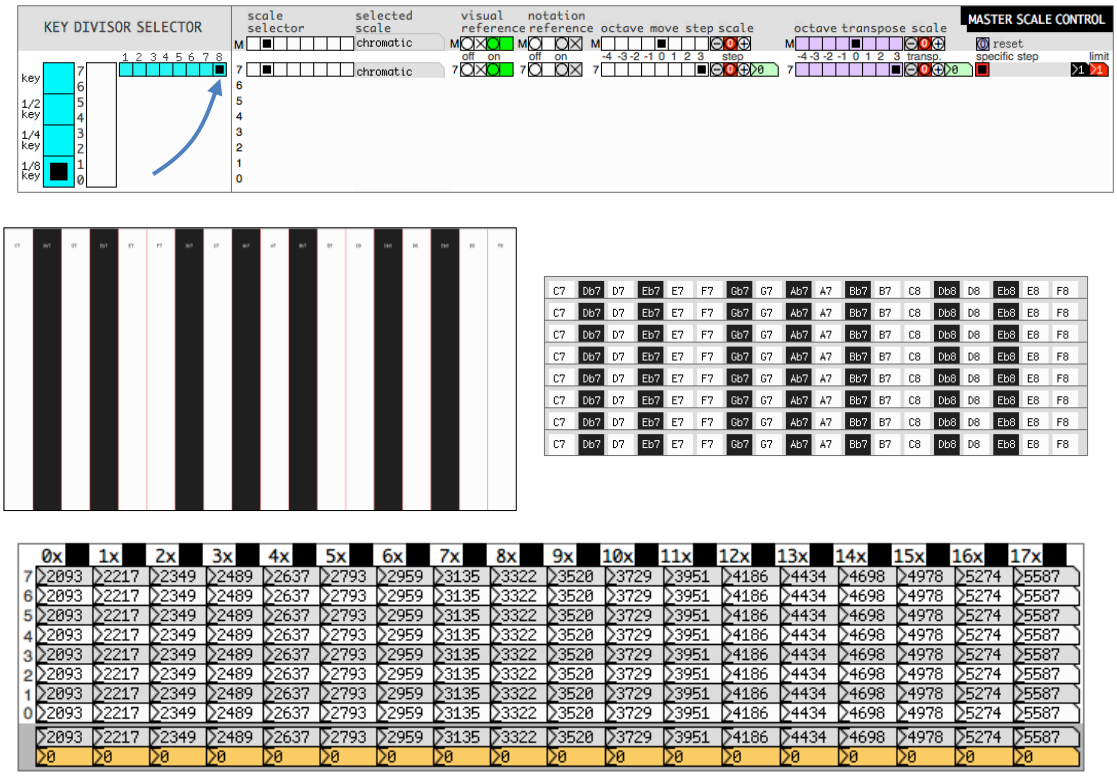


Figura 198. União para tecla inteira (accionada na seta).

6.4.7.1. Selecção de escala

Avançando nas configurações visuais, vai-se entrar na consola onde se define o conteúdo das variáveis, ou seja, a altura sonora de cada segmento.

Este selector destina-se a escolher as escalas usadas na implementação instrumental. As escalas são as seguintes:

- Diatónica de *dó maior*;
- Cromática (1/2 tom);
- Quartos de tom (1/4 tom);
- Tons inteiros ou hexatónica em *dó*[713];
- Tons inteiros ou hexatónica em *réb*[714];
- Pentatónica em *dó*[715];
- Pentatónica em *réb*[716];

[713] {dó, ré, mi, solb, láb, sib} ou, de forma enarmónica, {dó, ré, mi, fá#, sol#, lá#}.

[714] {réb, mib, fá, sol, lá} ou, de forma enarmónica, {dó#, ré#, mi#, sol, lá}.

[715] {dó, ré, mi, sol, lá}.

Ao seleccionar qualquer escala, (i) vai ser reajustada a parte visual correspondente, assim como (ii) o conjunto de frequências correspondentes à notação. Assim sendo, e como mostra Figura 199, a diferentes escalas correspondem diferentes disposições visuais e diferentes frequências[717]. De notar que as escolhas foram feitas no selector individual de cada linha, permanecendo o selector *master* (M) na posição definida no arranque do *patch*. Neste tópico, por poupança de espaço, apenas é mostrado o monitor interno de referência, uma vez que os outros mostram a mesma informação (por ser 1/8 de tecla).

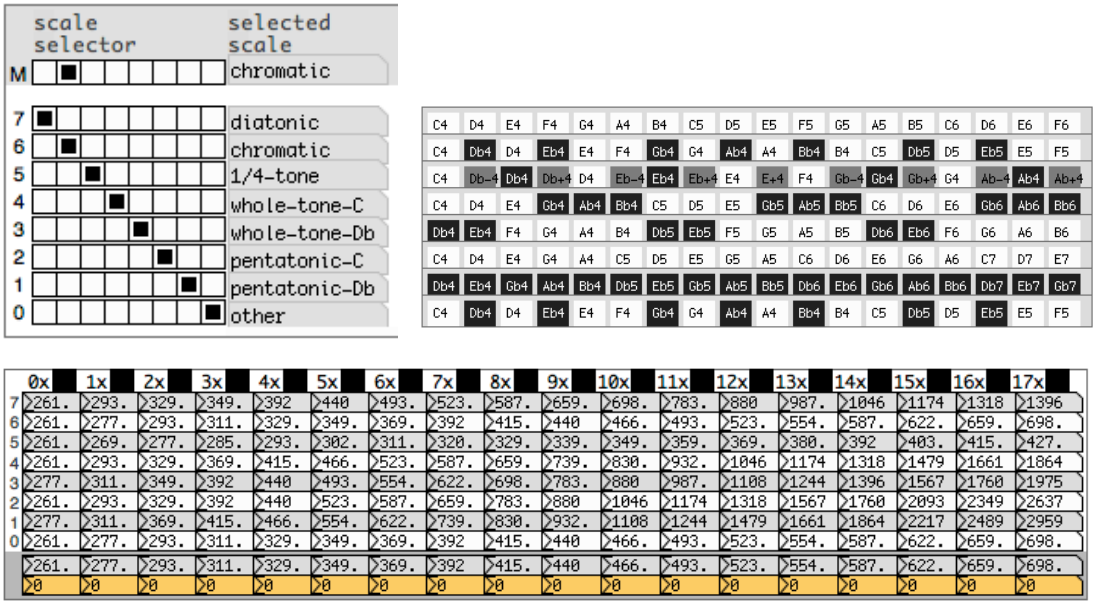


Figura 199. Selecção de escalas e correspondência visual e conjunto de frequências.

A selecção de escalas pode ser feita no selector *master* (M), sendo esta assumida pela totalidade das linhas, qualquer que seja a configuração de divisão de tecla. A Figura 200 mostra a selecção *master* da escala de 1/4 de tom aplicada à configuração da Figura 199.

---

[716] {réb, mib, solb, láb, sib} ou, de forma enarmónica, {dó#, ré#, fá#, sol#, lá#}. Contudo, a escala pentatónica de réb, foi pensada como a transposição de uma 4A/5D da homónima em dó. Neste caso, a sua verdadeira ordem, a organização mais cerrada, é {solb, láb, sib, réb, mib} ou, de forma enarmónica, {fá#, sol#, lá#, dó#, ré#}.

[717] A escala definida para a selecção "other" (outra) é a escala cromática. Foi planeada a hipótese de inclusão de mais escalas, mas tal não chegou a verificar-se, ficando activa a escala cromática que, entretanto, tinha sido utilizada de forma provisória.

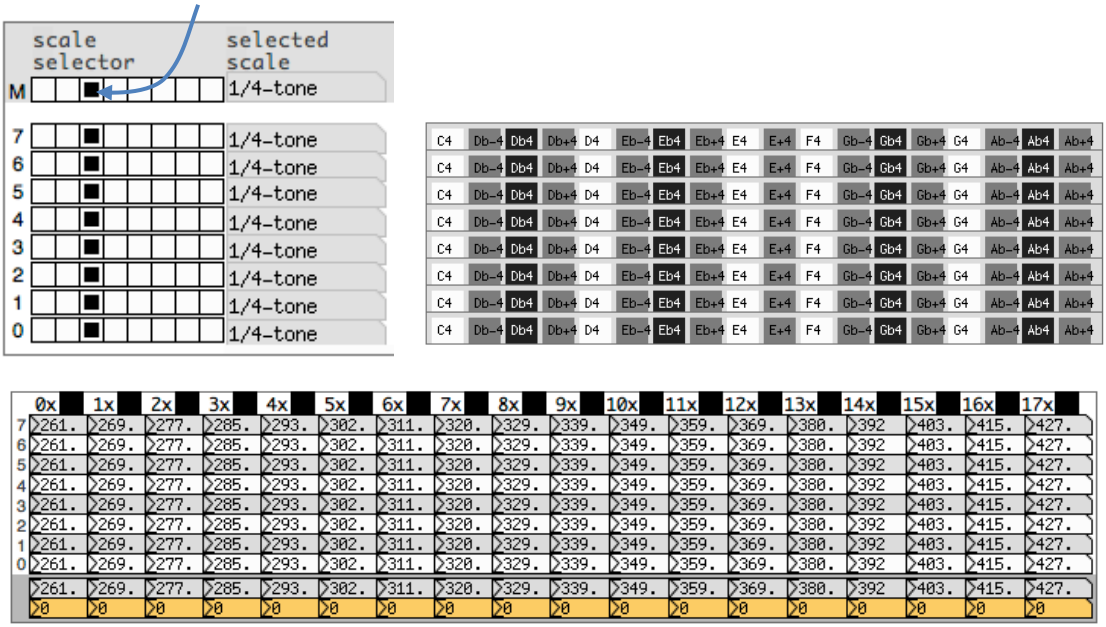


Figura 200. Selecção “master” (M) da escala de quartos de tom.

6.4.7.2. Referenciação do teclado

Esta referenciação diz respeito à exibição de informação complementar do teclado, não alterando o conteúdo escalar do mesmo. Aproveitando o espaço disponível da própria tecla, foram escolhidos dois tipos de referenciação: (i) de oitava e (ii) de notação. Podem ser configuradas de forma independente e combinadas entre si, sem qualquer tipo de interferência visual.

Referenciação de oitava

Este comando visual serve para colorir a verde, em todas as oitavas, a nota *dó* de cada escala. Caso a escala não tenha essa nota, como nos casos da hexatónica em *réb* e pentatónica em *réb*, a nota escolhida será precisamente *réb*.

Qual a razão desta coloração? Serve, basicamente, para referenciar a disposição das teclas, especialmente quando são todas da mesma cor: (i) ou todas brancas, como as escalas diatónica e pentatónica em dó (em verde escuro); (ii) ou todas pretas, como no caso da pentatónica em *réb* (em verde escuro). Por extensão, foi aplicado o comando a todas as outras escalas, por uma questão uniformidade de critérios. Essa ajuda pode também ser pertinente quando a disposição visual se torna muito complexa, nomeadamente com diferentes escalas e transposições.

A Figura 201 mostra o leque de escalas disponíveis e a coloração de oitava. De notar que a coloração da nota *réb* é num tom de verde diferente da coloração da nota *dó*. Acresce ainda que as escalas cromática e de 1/4 de tom acumulam as duas tonalidades de coloração, uma vez que ambas contêm as notas *dó* e *réb*.

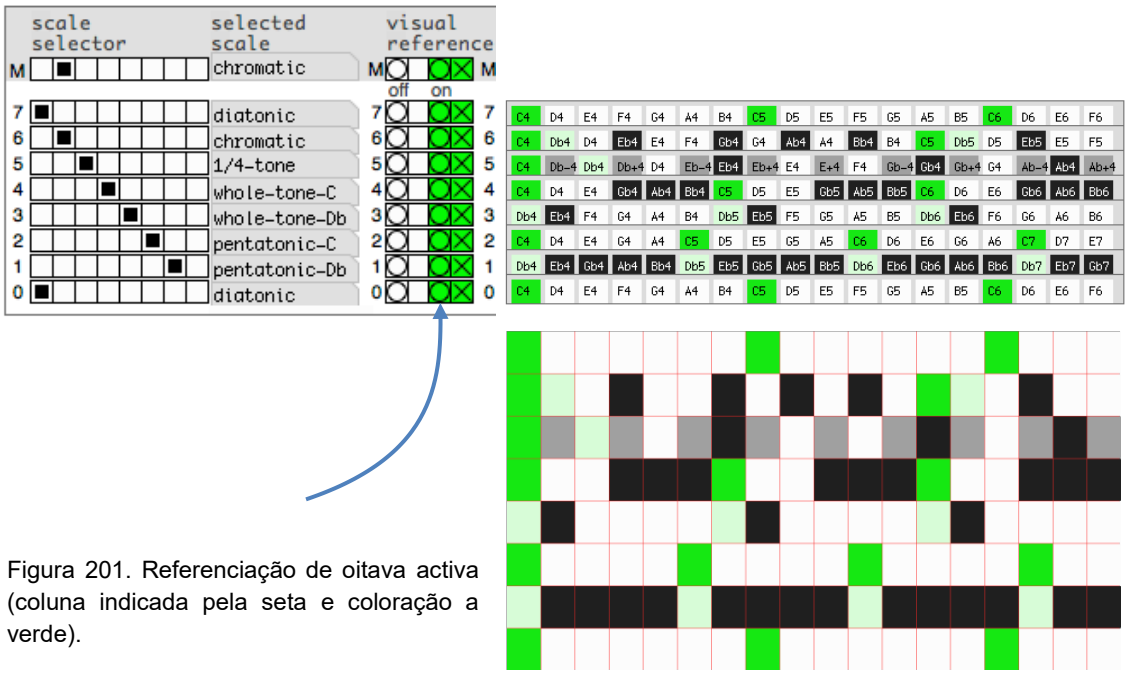


Figura 201. Referenciação de oitava activa (coluna indicada pela seta e coloração a verde).

De notar que o ecrã da superfície de aquisição apenas mostra a divisão e cor das teclas, enquanto que o monitor interno de referência mostra, tal como é sua função, a informação da notação.

Referenciação de notação

Este comando visual serve para referenciar nominalmente as notas de cada escala utilizada. O seu propósito é semelhante ao da coloração, embora sua a concretização traga possíveis vantagens e desvantagens.

Como possível vantagem, indica sempre a nota e a sua tessitura, o que é fundamental nas transposições e escalas pouco usadas pelo utilizador. Como possíveis desvantagens, (i) carrega a parte visual com informação alfanumérica e (2) pode ser menos intuitiva em relação à sua congénere colorida, sobretudo quando se pretende uma referenciação minimalista.

Contudo, são apreciações subjectivas, cabendo ao utilizador decidir o âmbito da sua aplicação.

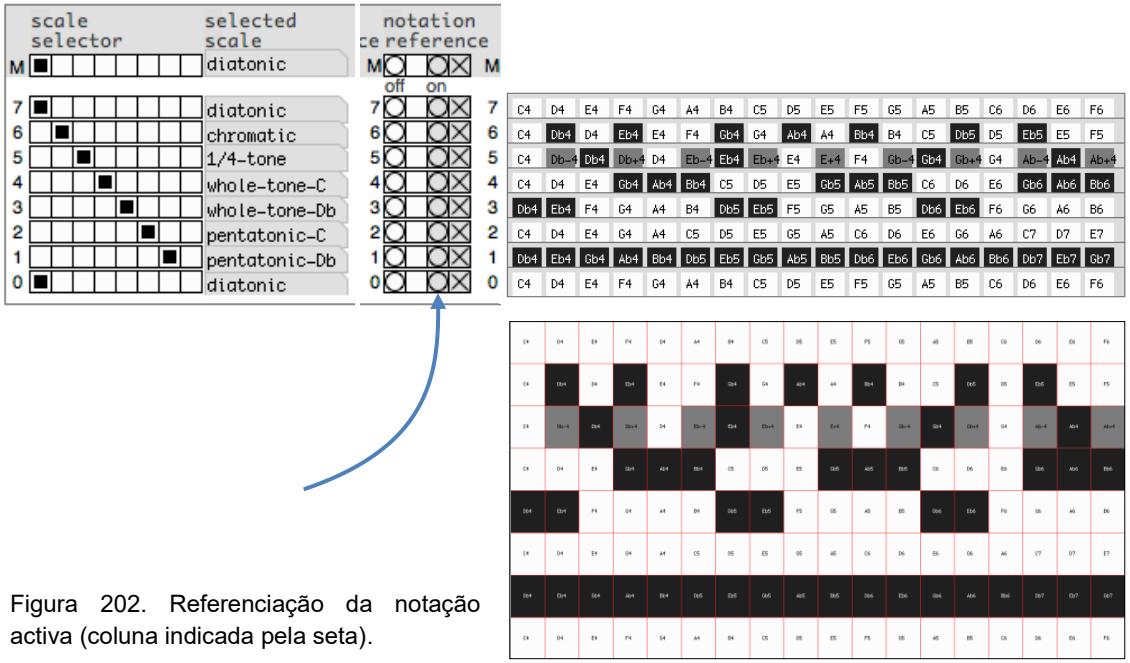


Figura 202. Referenciação da notação activa (coluna indicada pela seta).

Referenciação mista

Este tipo de referenciação surge quando se conjugam as referenciações de oitava e de notação. Acresce ainda que, caso haja suficientes divisões de teclas, podem surgir todas as combinações de referenciação – incluindo a não referenciação. Assim sendo, é possível combinar estas duas variáveis, criando quatro combinações:

(i) Sem referenciação;
(ii) Apenas referenciação de cor;
(iii) Apenas referenciação de notação;
(iv) Combinação de referenciação de cor e notação.

As possíveis vantagens e desvantagens dos dois tipos de referenciação são subjectivas e dependem do utilizador e, inclusivamente, do tipo de escalas utilizadas. Em alguns casos pode ser útil alguma referenciação, outros é perfeitamente – quantas vezes desejadamente – dispensável. Cabe ao utilizador definir qual a configuração visual mais conveniente e, sendo a informação luminosa, é uma das mais-valias dos sistemas baseados em ecrãs.

A Figura 203 mostra como é possível conciliar diversas escalas com diversas combinações de referenciação visual:

(i) Sem qualquer tipo de referenciação, linhas 5 e 6;
(ii) Apenas com referenciação de oitava, linha 2;

(iii) Apenas com referenciação de notação, linhas 3 e 4;
(iv) Com referenciação de oitava e notação, linhas 0, 1 e 7).

De lembrar que o monitor interno de referenciação mostra sempre as todas as referenciações, mesmo que não seleccionadas para os ecrãs de aquisição gestual.



Figura 203. Referenciação mista.

6.4.8. Transposições escalares

Esta secção destina-se a explanar transposições escalares dentro do universo de escalas apresentadas na subsecção "6.4.7.1 - Selecção de escala". Está subdividido em dois tipos de transposições, para além da transposição de oitava.

Notas prévias

Nota 1. A utilização das transposições escalares é compatível com os todos os mecanismos apresentados na consola de controlo visual. Assim sendo, o reagrupamento de segmentos e respectivas variáveis vai funcionar segundo a lógica apresentada no tópico "A hierarquia das uniões".

Nota 2. Para simplificar a exposição das transposições escalares, vão ser utilizados teclados com as unidades mínimas de tamanho de tecla (ou seja, divisão máxima de tecla), de modo a poder mostrar o máximo de variáveis e informações numa mesma imagem. Sendo assim, torna-se pertinente utilizar apenas as imagens do monitor interno de referência, que apresenta um rácio de indicação de nota por tecla mais legível.

Nota 3. Para efeitos de exemplificação, vai ser escolhida a escala **diatónica maior,** pelas seguintes razões: (i) por assimetria dos seus graus e (ii) por facilidade de

compreensão. Se a segunda razão é subjectiva, no que diz respeito à assimetria dos seus graus, ela vai proporcionar mais possibilidades de configurações visuais que as suas congéneres simétricas.

6.4.8.1. Transposição por movimento de grau

Este tipo de transposição funciona através da deslocação lateral da escala em ambos os sentidos, como foi explanado na secção "6.3.5 - Disposição fragmentada" (p. 327). Mas antes de apresentar as configurações visuais, é necessário explicar a consola que comanda esta função.

A consola apresenta uma parte destinada à transposição de oitava, à qual se conjuga a independência de cada linha com o comando *master* (Figura 204-1-2), seguindo a lógica de outras consolas. A especificidade desta consola encontra-se nos botões de avanço e recuo de grau (Figura 204-3-5), assim como a reposição de movimentações para a posição 0 (Figura 204-4). Estas alterações de grau realizam-se dentro do âmbito da tessitura seleccionada e podem ser feitas em simultâneo no comando *master*.

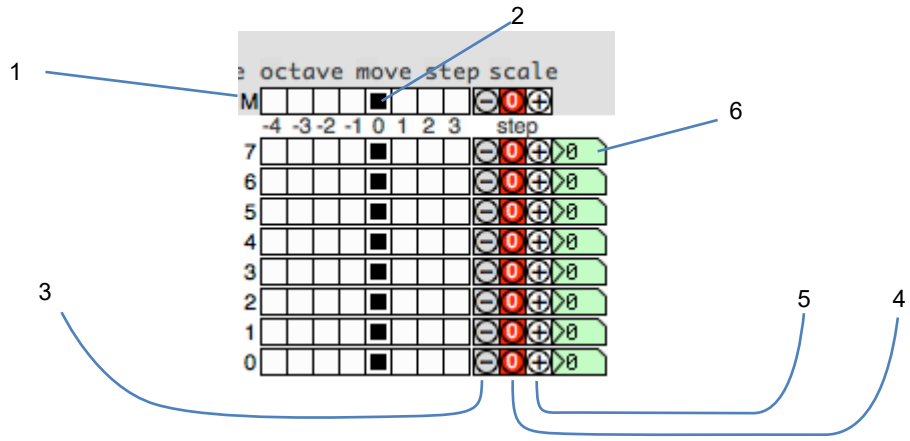


Figura 204. Consola de transposição por movimento de grau

(1) Zona de selecção "master". As instruções vão ser aplicadas a todas as linhas. (2) Transposição de oitava: de -4 (4 oitavas abaixo) a 4 (4 oitavas acima). 0 indica "sem transposição". (3) Selector de movimento de grau para o grave. (4) Selector de reposição a 0. (5) Selector de movimento de grau para agudo. (6) Indicador da transposição de grau.

Explicando o funcionamento de forma faseada, a Figura 205 apresenta várias transposições de oitava. Por defeito, a selecção da consola apresenta a transposição 0, ou seja, sem transposição. Essa configuração faz que todas as escalas, independentemente da sua constituição, apresentem como nota mais grave o *dó4* (C4, *dó central*, 261.63Hz), excepto nas escalas que não possuam essa altura (tons inteiros

em dó#(réb) e pentatónica em dó#(réb)). Nesse casos, a nota de referência é o dó#4 (C#4, 277.18Hz).

Aplicando todas as transposições possíveis de oitava, obtêm-se o início das escalas diatónicas maiores desde o *dó0* (16.35Hz) até ao *dó6* (1046.5Hz). Como o âmbito escalar de cada linha – no caso da escala diatónica maior –, é de 2 oitavas e uma 4ªP, a tessitura total é de 9 oitavas, ou seja, desde o *dó0* (16.35Hz) até ao *dó9* (8372.02Hz).

Em relação à Figura 205, é necessário observar um detalhe importante: a linha 0 começa no *sol6* (G6) em vez de, supostamente, começar no dó7. Isto sucede porque a nota mais aguda admissível numa transposição, pelo modo como a programação foi feita, tem como limite *dó9*, assinalado a laranja[718]. Por isso, caso estivesse seleccionada a escala cromática na linha 0, ela começaria no *dó7* (C7), uma vez que o âmbito apresentado seria de 1 oitava e uma 4ªP (acabaria no fá8). Em contrapartida, caso a escala seleccionada fosse a pentatónica em dó, a nota mais grave teria de ser, forçosamente, seria o *sol5*, uma vez que, sendo o âmbito desta escala 3 oitavas e uma 3ªM (no seu estado fundamental), seria essa a nota grave necessária para que nota mais aguda não ultrapassasse o *dó9*.

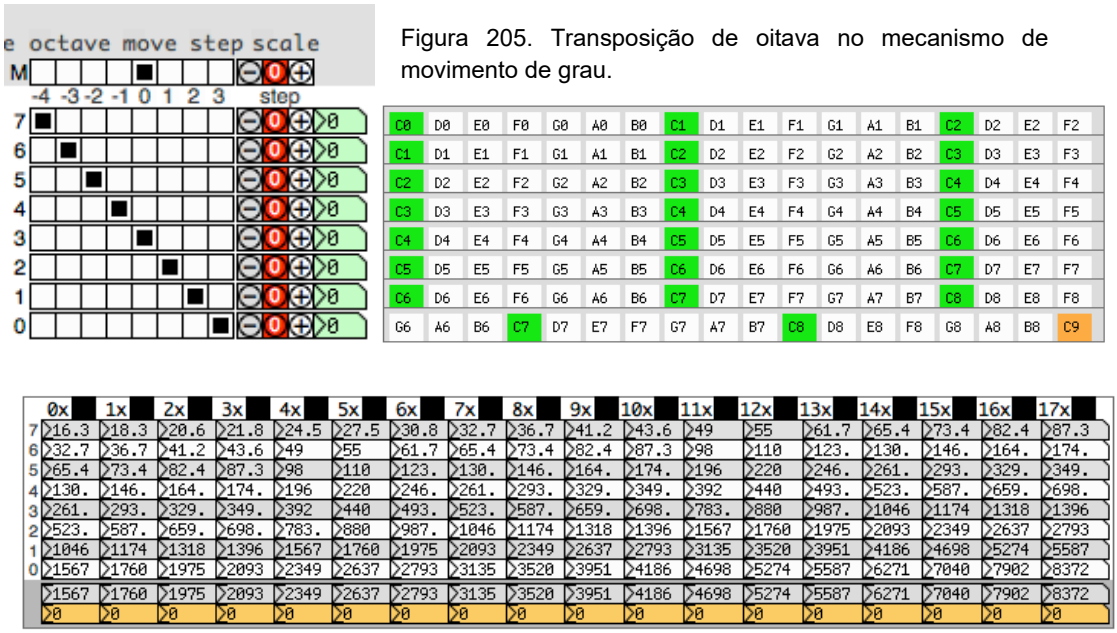


Figura 205. Transposição de oitava no mecanismo de movimento de grau.

Passando à movimentação de graus, a Figura 206 vai ilustrar o funcionamento desta transposição. Neste exemplo, todas as escalas encontram-se na posição neutra da

[718] Esta cor indica que a ordem foi dada na consola de controlo mas a sua concretização teve de ser adaptada aos limites de altura estabelecidos na programação.

transposição de oitava, ou seja, todas elas têm como base o dó4 (C4). Aquilo que vai ser alterado é o posicionamento do grau, seleccionado nos botões do lado direito {-/0/+}.

Olhando de baixo para cima, foram movimentados os graus de forma crescente, de forma a obter uma disposição visual desfasada. Assim sendo, a descrição dos movimentos é a seguinte: A linha 0 permanece com o movimento 0; a linha 1 foi movimentada 1 grau; a linha 2 foi movimentada 2 graus; e assim sucessivamente até à linha 7 perfazer a movimentação de 7 graus. Na linha 7 a movimentação corresponde, na prática, à transposição de uma oitava, uma vez que a escala é constituída por 7 graus[719].

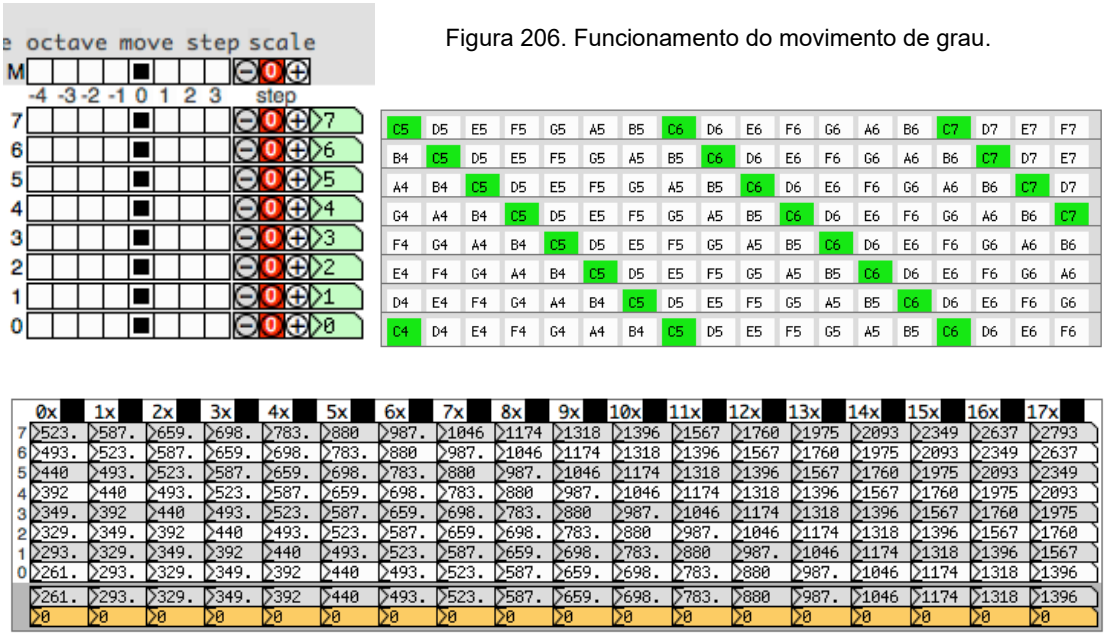


Figura 206. Funcionamento do movimento de grau.

O movimento de graus pode ser conjugado com a transposição de oitava. A Figura 207 mostra a combinação de diversas transposições de oitava combinadas com movimentações positivas e negativas de graus.

[719] Por isso – e neste caso –, esta transposição tanto pode ser feita com +1 no selector de oitava como +7 no selector de graus.

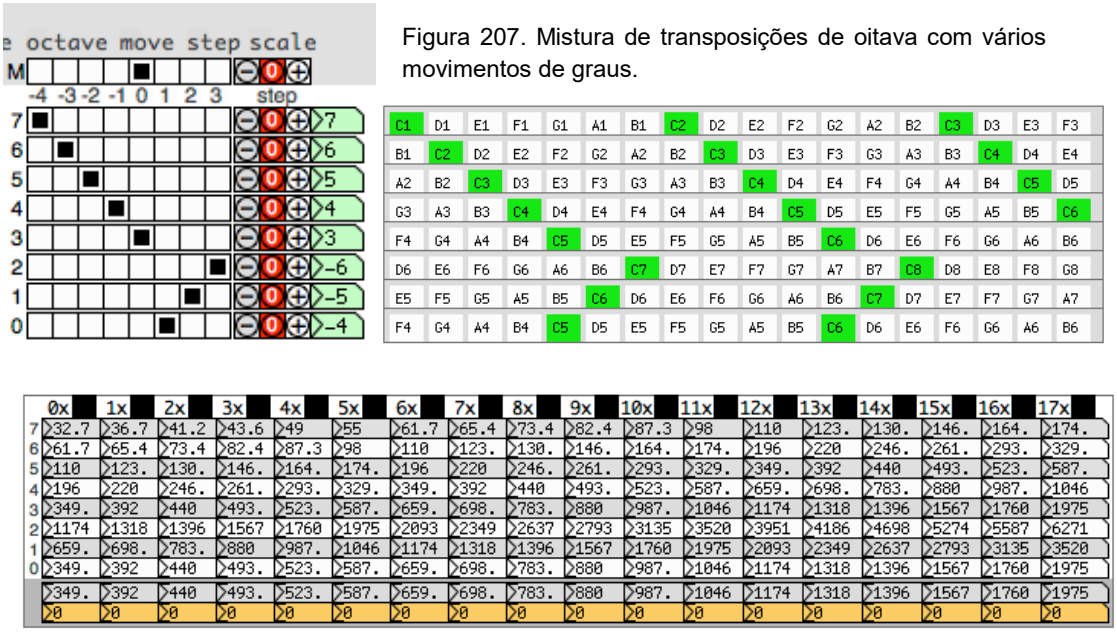


Figura 207. Mistura de transposições de oitava com vários movimentos de graus.

A movimentação de graus com valores diferentes pode ser feita de forma **uniforme e simultânea** através do comando *master*. Tal como mostra a Figura 208, ao carregar no botão ⟨-⟩ no comando *master*, vai retirar uma unidade a todos os posicionamentos dos graus; ou seja, os valores ⟨7 6 5 4 3 2 1 0⟩ vão transformar-se em ⟨6 5 4 3 2 1 0 -1⟩ (imagem de cima para imagem do meio). Repetindo o procedimento, os valores ⟨6 5 4 3 2 1 0 -1⟩ vão transformar-se em ⟨5 4 3 2 1 0 -1 -2⟩ (imagem do meio para imagem de baixo)[720].

[720] Apenas como curiosidade, a repetição continuada deste procedimento gera um efeito visual de imagem animada.

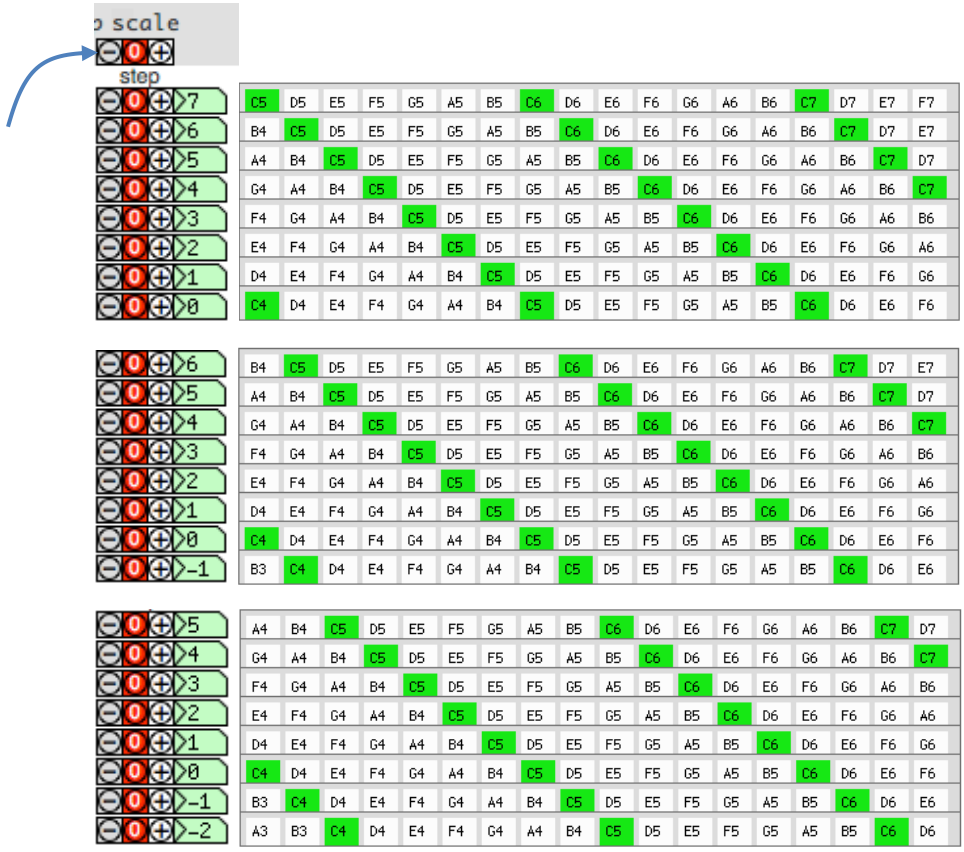


Figura 208. Movimento relativo dos movimentos de graus através do “master” (accionado na indicação da seta).

Concluindo – e utilizando apenas o comprimento mínimo de tecla –, a Figura 209 mostra a conjugação de diferentes variáveis em todas as tipologias visuais apresentadas até ao momento:

(1) diferentes escalas;
(2) diferentes colorações de oitava;
(3) diferentes referenciações de notação;
(4) diferentes transposições de oitava;
(5) diferentes movimentações de graus.

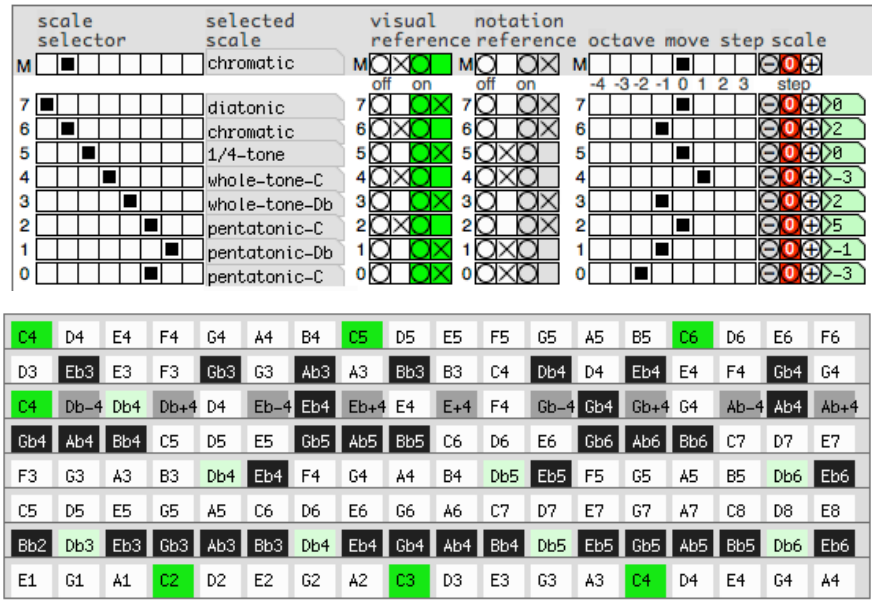


Figura 209. Mistura de transposições de oitava com vários movimentos de graus aplicados a diferentes escalas e diferentes referenciações de oitava.

6.4.8.2. Transposição por reajustamento de grau

Este tipo de transposição funciona com uma lógica própria, embora partilhe aspectos com a transposição por movimento de grau. Vai ser apresentada a consola geral na sua generalidade, deixando a explicação das suas funcionalidades para os tópicos específicos.

Notas prévias

Nota 1. Por uma questão de clareza expositiva e economia de espaço, vai deixar-se de apresentar a consola de frequências, embora ela responda a todas as configurações e transposições de escalas seleccionadas. No final, aparecerá um exemplo mais completo com todos os elementos visuais envolvidos.

Nota 2. A compreensão de alguns aspectos implica o conhecimento prévio de alguma teoria musical. Contudo, dada a complexidade envolvida, far-se-á uma contextualização mais pormenorizada, sempre que se julgar necessário.

Consola geral

Observando a Figura 210, esta consola é dividida em duas grandes zonas: (i) uma com o mesmo aspecto que a consola por transposição por movimento de grau (Figura 210-1), (ii) outra com uma lógica exclusiva (Figura 210-2).

Tendo como referência a Figura 210, a zona da esquerda (Figura 210-1) destina-se a realizar as transposições de oitava (Figura 210-3-4) tal como a homóloga por

movimento de grau. Contudo, os botões {-/0/+} (Figura 210-5-6-7) destinam-se a outra função: transpor em 1/2 tons a escala que se encontra activa, qualquer que ela seja (escala de 1/4 de tom, *inclusive*).

A zona exclusiva desta consola (Figura 210-2) necessita de uma explicação mais prolongada. Mas para já – e uma vez que se trata de uma introdução –, o que importa é aferir que o seu aspecto e funcionamento está dependente das escalas seleccionadas em cada linha, ou seja, a diferentes escalas correspondem diferentes variáveis. Para tal dever-se-á comparar o selector de escalas (parte esquerda da imagem) com a zona exclusiva de transposição (parte direita da imagem, zona da Figura 210-2).

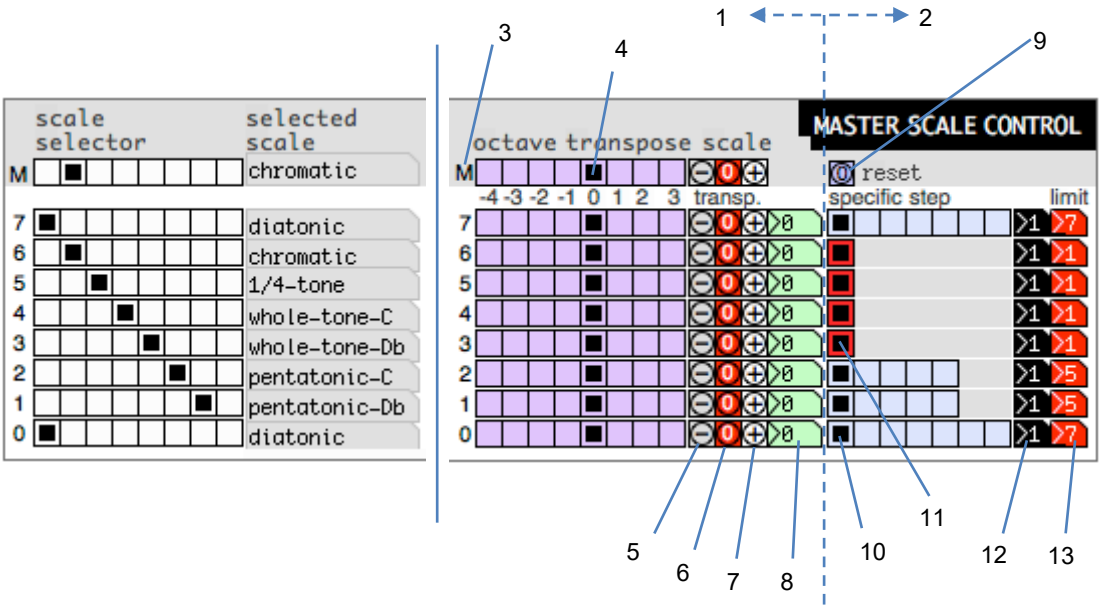


Figura 210. Consola geral da transposição por reajustamento de grau.

(1) Zona de controlo universal. Aplicação do mesmo critério a todas as escalas. (2) Zona de controlo específico. Regras diferentes para escalas diferentes. (3) Zona de controlo "master". As instruções vão ser aplicadas a todas as linhas. (4) Transposição de oitava: de -4 (4 oitavas abaixo) a 4 (4 oitavas acima). 0 indica "sem transposição". (5) Transposição para os graves em unidades de 1/2 tom, qualquer que seja a escala (mesmo a escala de 1/4 de tom). (6) Reposição da transposição a 0 (sem transposição). (7) Transposição para os agudos em unidades de 1/2 tom, qualquer que seja a escala (mesmo a escala de 1/4 de tom). (8) Indicador da transposição em unidades de 1/2 tom. (9) "Reset" geral. Coloca todas as transposições específicas no valor 0, ou seja, na ordenação base. (10) Selector do grau de referência. (11) Selector vermelho, sem possibilidade de transposição por grau. Aplica-se a todas as escalas simétricas: cromática, 1/4 de tom e tons inteiros. (12) Indica o grau da transposição, sendo 1 a tónica ou estado fundamental, ou seja, sem transposição. (13) Indicador do número total de versões disponíveis, correspondentes ao número de notas (ou

graus) das escalas assimétricas. As escalas simétricas indicam como limite o valor um, uma vez que qualquer nota pode ser considerada como uma tónica[721].

Transposição de oitava no mecanismo de reajuste de grau

A transposição de oitava funciona basicamente da mesma maneira que a homóloga anterior. Assim sendo, repetem-se os mesmos procedimentos atrás expostos.

Há, contudo, uma diferença assinalável: ao atingir o limite máximo de notas admissíveis (dó9), o mecanismo em vez de apresentar a escala diatónica de dó maior a começar na nota sol6, vai apresentar a escala diatónica de *sol maior*, a começar nessa mesma nota.

Esse facto pode ser observado na Figura 211, onde a linha 0 apresenta fá# (Gb) em vez de fá natural. Consequentemente a consola de frequências acompanha essa alteração, devidamente assinalada a vermelho.

E qual a razão deste procedimento? A resposta encontra-se na correspondência com a própria lógica dos botões ⟨-/0/+⟩ de reajuste de grau. Como esses botões aplicam uma transposição cromática, o que sucedeu foi que a transposição de oitava, ao ter de obrigatoriamente começar em *sol*, automaticamente gerou a transposição de *dó maior* a começar em *sol*, ou seja, *sol maior*. Daí o nome "reajuste de grau", por oposição ao anterior mecanismo de transposição ("movimento de grau").

[721] No sentido em que a escala poderia ser construída em qualquer grau, uma vez que os intervalos são todos iguais, embora com algumas enarmonias. Contudo, tratando-se de escalas temperadas, a frequência de altura, em caso de enarmonia, é sempre coincidente.

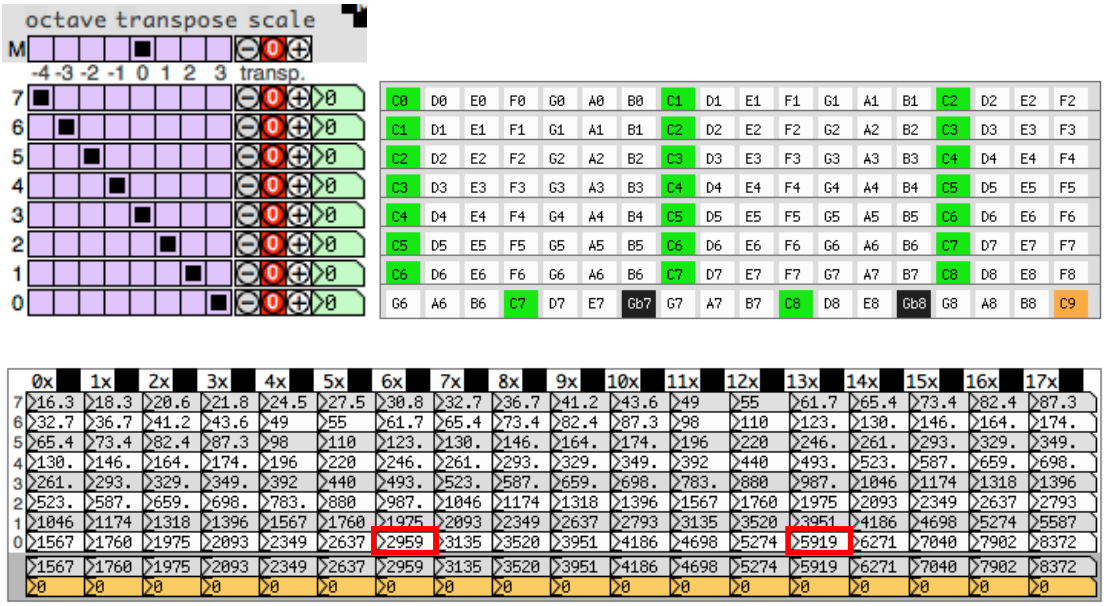


Figura 211. Transposição de oitava no mecanismo de reajuste de grau.

Transposição cromática no mecanismo de reajuste de grau

A parte direita da transposição de oitava, a zona dos botões ⟨-/0/+⟩, funciona como transpositor cromático da escala seleccionada. A Figura 212 mostra o resultado desse procedimento: a cada 1/2 tom adicionado à escala base, vai gerar a mesma escala transposta a essa mesma distância.

Assim sendo, podem-se obter todas as escalas diatónicas maiores nas 12 tonalidades possíveis:

Linha 7 = dó maior + 0 = dó maior;
Linha 6 = dó maior + 1 = réb maior;
Linha 5 = dó maior + 2 = ré maior;
Linha 4 = dó maior + 3 = mib maior;
Linha 3 = dó maior + 4 = mi maior;
Linha 2 = dó maior + 5 = fá maior;
Linha 1 = dó maior + 6 = solb maior;
Linha 0 = dó maior + 7 = sol maior;

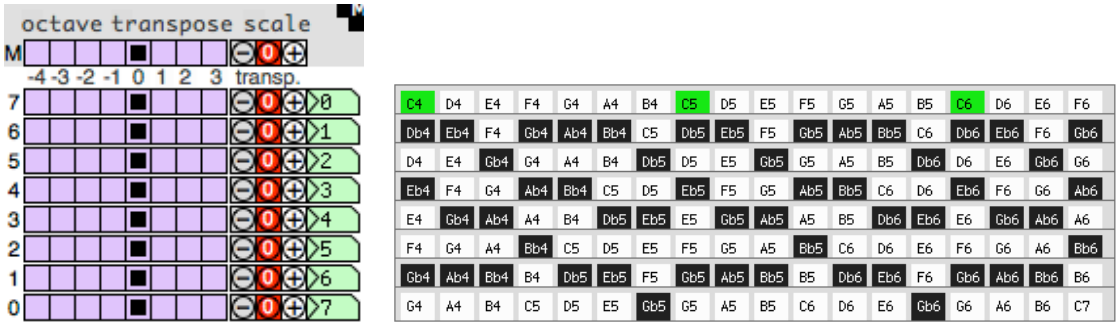


Figura 212. Transposição cromática no mecanismo de reajuste de grau.

Continuando o processo, obter-se-iam todas as escalas até *si maior*, ou seja, "dó maior + 11".

O processo poderia também ser feito de forma descendente, ou seja, seleccionar unidades negativas:

Dó maior - 1 = si maior;
Dó maior – 2 = sib maior;
Dó maior – 3 = lá maior;
Dó maior – 4 = láb maior;
Dó maior – 5 = sol maior;
(etc.)
Dó maior – 11 = réb maior.

Qualquer transposição de +/-12 gerará a oitava superior e inferior, respectivamente. Assim sendo, é possível obter o mesmo resultado por diferentes caminhos. Jogando com o selector de oitava, a escala de *dó maior* a começar na nota *dó4* pode ser obtida das seguintes maneiras:

Dó4 + 0 { oitava } + 0 { 1/2 tom };
Dó4 - 1 { oitava } + 12 { 1/2 tom };
Dó4 + 1 { oitava } - 12 { 1/2 tom }.

Logicamente, neste caso, faz mais sentido utilizar unidades de oitavas para transposição de oitava, do que unidades de 1/2 tom. Mas esta questão pode ser premente na altura de escolher transposições mais equidistantes da escala base. Assim sendo, a obtenção da escala de *solb maior*, apenas como exemplo, ela pode ser feita da seguinte maneira:

Dó (n) + 0 { oitava } + 6 { 1/2 tom };

Dó (n) + 1 ⟨oitava⟩ - 6 ⟨1/2 tom⟩;

Pegando neste procedimento, e juntando pela lógica da inversão de intervalos[722] – e ajustando a oitava –, todas as notas podem ser obtidas através de transposição através de intervalos opostos, desde que a soma dos seus valores absolutos seja igual a 12. Exemplificando:

Dó → ré = +2 ou -10 Logo → 2 + 10 = 12;
Dó → fá = +5 ou -7 Logo → 5 + 7 = 12;
Dó → sol = +7 ou -5 Logo → 7 + 5 = 12; (etc.)

Para finalizar, é necessário realçar o seguinte: todas as transposições deste tópico podem ser aplicadas a todas as escalas previstas na implementação instrumental. Assim sendo, todas podem ser transpostas para as 12 notas contidas na escala cromática.

Em relação à escala de 1/4 de tom, o procedimento atrás descrito mantém-se, não sendo possível, contudo, a transposição directa em unidades de 1/4 de tom. Em teoria, esta transposição poderia ser feita, mas na altura da implementação não foi prevista, devido à complexidade acrescida.

Contudo, a transposição desta escala por 1/4 de tom pode ser feita através do movimento de grau. A explicação é simples: todas as escalas podem ser transpostas através de movimento de grau. Assim sendo, como os intervalos das escalas simétricas (cromática, 1/4 de tom e tons inteiros) são sempre constantes, o movimento de grau movimenta de forma constante os intervalos da escala aplicada. Logo, no caso da escala de 1/4 de tom, equivale à sua transposição em 1/4 de tom, só que feito de uma maneira menos directa que a do mecanismo de reajuste de grau.

Lógica específica do reajustamento de grau

O reajustamento de grau é a lógica que dá nome a esta consola e a sua maior originalidade: basicamente permite a transposição cromática de todas as escalas originadas a partir de cada um dos graus de uma escala assimétrica

O conceito e respectiva explicação revestem-se de alguma complexidade, pelo que vão ser apresentados de forma faseada e sequencial. Assim sendo, este tipo de transposição baseia-se numa questão essencial:

[722] Segundo a qual a inversão está ligada aos seguintes intervalos: 2ªm/7ªM, 2ªM/7ªm, 3ªm/6ªM, 4ªP/5ªP e 4ªA/5ªD.

Pergunta: no seio de uma escala assimétrica[723], quantas escalas podem ser feitas a partir do pressuposto que cada grau pode ser a tónica de uma nova escala?

Resposta: numa escala assimétrica podem ser feitas tantas escalas como o número de graus dessa mesma escala. Significa que, mantendo o posicionamento relativo das notas, o que muda é o início da sequência.

Uma segunda questão levanta-se de seguida:

Pergunta: a lógica anterior existe na prática musical?

Resposta: sim, como por exemplo nos modos gregos ou litúrgicos.

De modo a simplificar a nomenclatura, doravante vão ser designados apenas por *modos*. Basicamente são as escalas diatónicas começadas em cada uma das notas naturais do sistema ocidental. O Quadro 13 mostra a nota na qual começa cada modo, podendo ser designados também – pelo menos de forma informalmente –, por esse epíteto.

Assim sendo, o *modo dórico* também pode ser designado por *modo de ré*; tal como o *modo frígio* pode ser designado por *modo de mi*; e assim sucessivamente. O *modo jónio*, ou *modo de dó*, é equivalente à escala diatónica de *dó maior*.

De notar que os modos podem ter uma lógica harmónica diferente do sistema tonal ocidental, pelo que esta abordagem se cinge apenas à estrutura dos intervalos, e não ao seu encadeamento harmónico.

[723] Nesta investigação significa que possuem partes desiguais, ou seja, com pelo menos dois tipos de intervalos diferentes na disposição.

Modos	
dórico	ré
frígio	mi
lídio	fá
mixolídio	sol
eólio	lá
lócrio	si
jónio	dó

Quadro 13. Correspondência terminológica dos modos.

A Figura 213 mostra a sequência dos modos, com destaque para as ligaduras, que representam os 1/2 tons (*mi-fá* e *si-dó*). Todos os outros graus estão espaçados por 1 tom inteiro.

Apesar de serem constituídos pelas mesmas notas, os modos são todos diferentes porque, sendo assimétricos, cada modo tem a sua estrutura intervalar. A mudança de tónica vai fazer com que os 1/2 tons – por serem fixos – se situem numa posição diferente em cada modo.

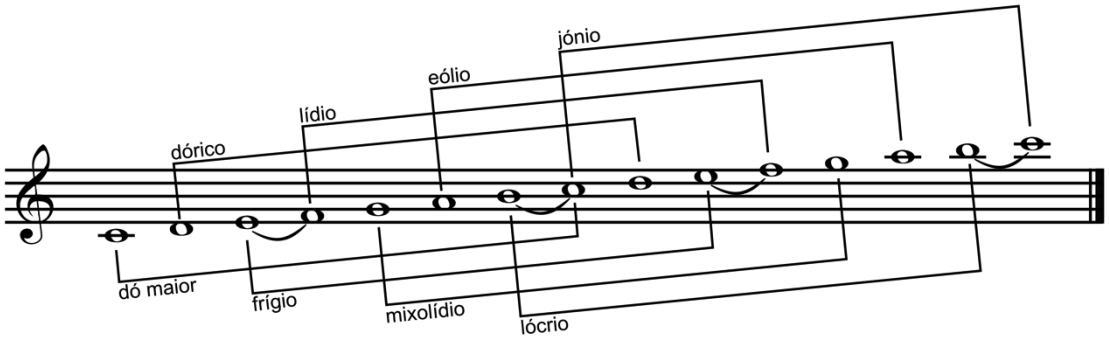


Figura 213. Modos gregos naturais.

De maneira a ilustrar esta situação, a Figura 214 mostra a disposição dos modos de uma maneira espacial, ou seja, com uma disposição dos tons e 1/2 tons análoga à distância do intervalo musical.

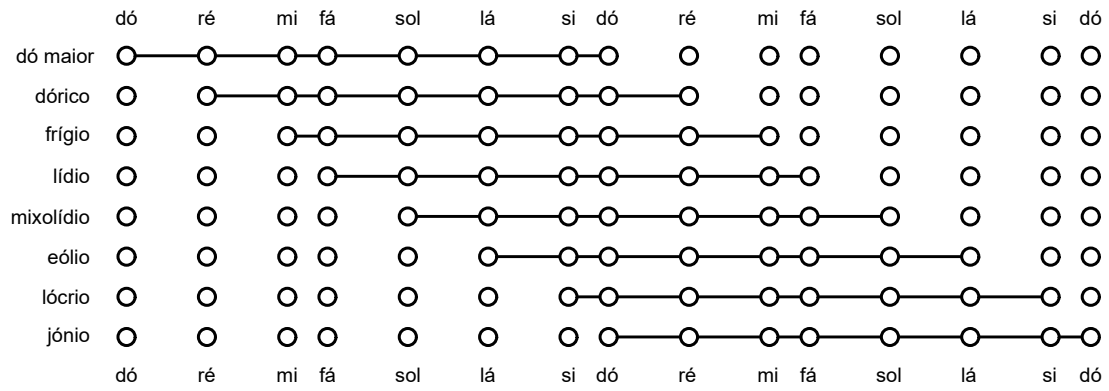


Figura 214. Representação espacial dos tons e 1/2 tons no modos.

Transpondo o esquema da Figura 214 para o monitor interno de referência, o resultado poderia ser o que está ilustrado na Figura 215. Foi aproveitada a configuração base da escala diatónica e foi assinalado a vermelho os diferentes âmbitos de cada modo, exactamente pela mesma ordem da figura anterior.



Figura 215. Delimitação dos modos gregos ou litúrgicos.

Fazendo uma depuração desta disposição, a

Figura 216 destaca as notas utilizadas, eliminando as restantes. De notar que permanece o âmbito dos modos e a disposição dos intervalos, com especial atenção para os 1/2 tons. Foram retiradas as notas de referência, ficando apenas a proporção intervalar.

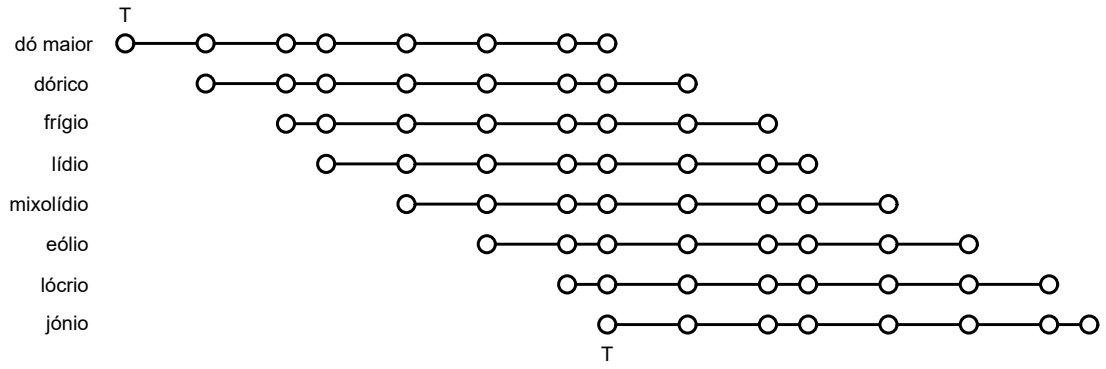


Figura 216. Depuração do âmbito dos modos e respectiva estrutura intervalar.

O próximo passo, tal como mostra a Figura 217, é alinhá-los à esquerda, ou seja, alinhá-los visualmente.

C4	D4	E4	F4	G4	A4	B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6
D4	E4	F4	G4	A4	B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6
E4	F4	G4	A4	B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6	A6
F4	G4	A4	B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6
G4	A4	B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6	C7
A4	B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6	C7	D7
B4	C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6	C7	D7	E7
C5	D5	E5	F5	G5	A5	B5	C6	D6	E6	F6	G6	A6	B6	C7	D7	E7	F7

Figura 217. Alinhamento espacial dos modos gregos ou litúrgicos.

Seguindo o processo anterior, vão ser mostradas as diversas disposições intervalares, desta vez num âmbito de 2 oitavas, tal como mostra a Figura 218.

Na primeira oitava aparece somente a distribuição das notas e os intervalos em relação à tónica (T) de cada modo/escala. Na segunda oitava aparecem, adicionalmente, umas guias tracejadas que destacam o desvio em relação ao modelo ⎨diatónica maior / modo jónio⎬.

Este procedimento visa destacar quais as diferenças de intervalos em relação ao modelo, sem precisar de saber quais os nomes das notas, ou seja, por posicionamento relativo.

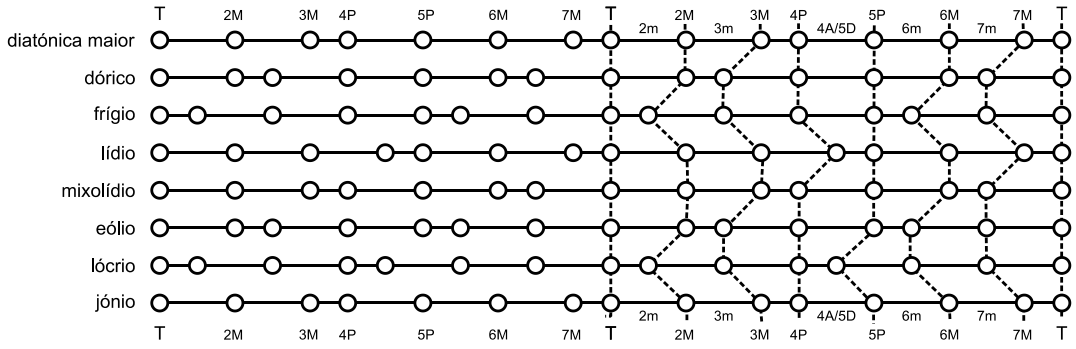


Figura 218. Alinhamento intervalar dos modos.

Clarificando o que foi referido, basicamente consiste em saber quais os desvios intervalares necessários para que qualquer modo transposto para a **nota dó (tónica em dó)**, tomando como exemplo, mantenha a sua estrutura intervalar.

A Figura 219 acrescenta os símbolos |–| e |+|, indicando o sentido do desvio. Aplicando esta diferença intervalar, vai ser exemplificada a sua aplicação à nota dó, ou seja, a tónica de todos os modos vai começar obrigatoriamente na nota dó (alterações a negrito):

Diatónica maior = tudo igual = ⟨ dó ré mi fá sol lá si dó ⟩.
Dórico = descem as 3ª e 7ª notas = ⟨ dó ré **mib** fá sol lá **sib** dó ⟩
Frígio = descem as 2ª, 3ª, 6ª e 7ª notas = ⟨ dó **réb mib** fá sol **láb sib** dó ⟩
Lídio = sobe a 4ª nota = ⟨ dó ré mi **fá#** sol lá si dó ⟩
Mixolídio = desce a 7ª nota = ⟨ dó ré mi fá sol lá **sib** dó ⟩
Eólio = descem as 3ª, 6ª e 7ª notas = ⟨ dó ré **mib** fá sol **láb sib** dó ⟩
Lócrio = descem as 2ª, 3ª, 5ª, 6ª e 7ª notas = ⟨ dó **réb mib** fá **solb láb sib** dó ⟩
Jónio = tudo igual = ⟨ dó ré mi fá sol lá si dó ⟩

E assim está concluída a transposição de todos os modos para a **mesma tónica**, neste caso a nota dó. Fazendo a esquematização:

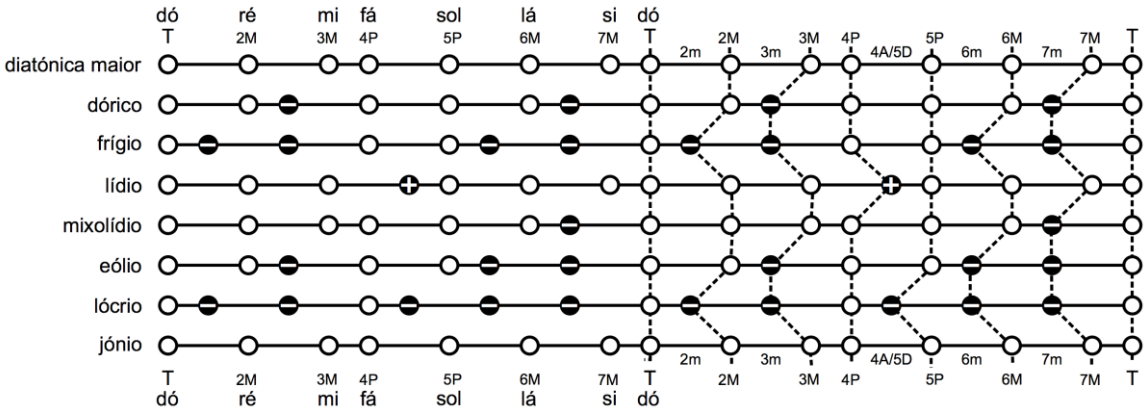


Figura 219. Alinhamento intervalar dos modos, com referenciação da polaridade do desvio.

Em suma: foram reajustados os intervalos de maneira a que os modos fossem transpostos para uma determinada nota. É por isso que esta transposição foi denominada de *reajustamento de grau*.

Exposta a lógica deste tipo de transposição, vai ser apresentada a sua aplicação no *Instrumento Base*, escolhendo exactamente a mesma tónica de *dó*. A Figura 220 mostra o mecanismo para obter a tal transposição e respectiva representação visual.

Antes de prosseguir, convém explicar o conteúdo visual e função desta consola, agora aplicadas a um caso concreto. O selector intitulado "specific step", mostra uma série de quadrículas correspondentes ao número de notas diferentes de cada escala assimétrica, ou seja, os seus diferentes graus[724].

No caso de dó maior, são 7 as notas diferentes, correspondentes a 7 quadrículas, ou seja, 7 graus. Esse número é reforçado visualmente com o número 7 exibido no mostrador numérico vermelho "limit", situado no extremo direito. Olhando para a linha superior, o monitor de referência mostra o início da escala em dó, que corresponde ao primeiro grau da mesma (1ª quadrícula), como confirma o mostrador preto.

Seguindo a lógica, na linha 6 foi seleccionada a 2ª quadrícula, ou seja, aquela que, na escala de dó maior seria a nota ré. Assim sendo, vão ser reajustadas as notas para o *modo de ré* ter a sua tónica em *dó*. Para que tal suceda, as 3ª e 7ª notas são baixadas 1/2 tom, o que é feito de forma automática. Assim sendo, obtém-se o *modo de ré* (modo dórico) a começar em dó (transposto para dó).

[724] 1ª nota, 1º grau; 2ª nota, 2º grau, etc.

As restantes linhas[725] apresentam procedimento atrás exposto, obtendo assim todos os modos transpostos para a tónica de dó.

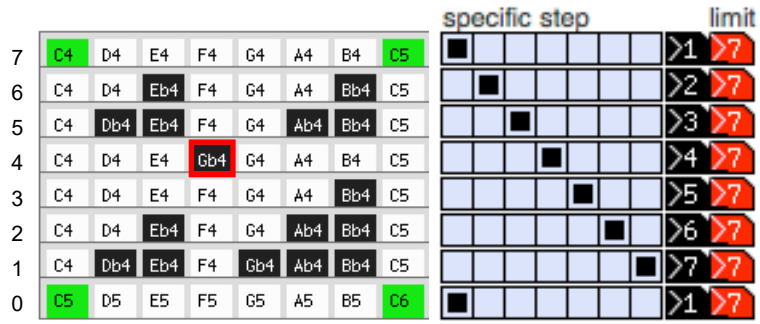


Figura 220. Transposição dos modos para dó, seguindo a ordem dos graus.

Organização dos modos por percepção de maior e menor

Um dos aspectos mais estimulantes dos modos é a sua sonoridade própria, que os distingue dos modos maior e menor da harmonia tonal funcional[726]. Em muito gerais, eles podem ser classificados como maiores e menores. Mas, entre os maiores, há diferentes tipos de "maior"; assim como entre os menores, há vários tipos de "menor".

É possível hierarquizar os modos no sentido maior-menor (ou vice-versa), estabelecendo como limites o "maior de todos" e o "menor de todos". Assim sendo, a Figura 221 mostra essa mesma hierarquia, comparando a estrutura intervalar de forma ordenada.

No extremo maior conta-se o modo lídio (fá), que poderá ser considerado um modo "aumentado" pela existência de um intervalo aumentado (4ªA) em relação à tónica; no extremo menor conta-se o modo lócrio (si), que poderá ser considerado um modo "diminuto" pela existência de um intervalo diminuto (5ªD) em relação à tónica. A fronteira entre os modos maiores e menores dá-se entre os modos mixolídio (sol) e dórico (ré), precisamente pela passagem da 3ª de maior para menor[727].

---

[725] Linha 5, modo de mi; linha 4, modo de fá; linha 3, modo de sol; linha 2, modo de lá; linha 1, modo de si, linha 0, modo de dó.

[726] Na tradição ocidental, o conceito de *maior-menor* faz-se principalmente pelos intervalos de 3ª e 6ª em relação à tónica, sendo o intervalo de 3ª mais preponderante que o de 6ª. O intervalo de 7ªM desempenha função de sensível para a tónica (nos modos maior e menor); e o intervalo de 7ªm como condutor melódico descendente (7ª da dominante secundária para o iv grau em ambos os modos; e como nota de passagem descendente no modo menor). A isto se justam os vários encadeamentos como, por exemplo, a relação entre V-I graus (dominante-tónica).

[727] Por isso, o modo mixolídio (sol) é o menor de todos os modos maiores; enquanto que o modo dórico (ré) é o maior de todos os modos menores.

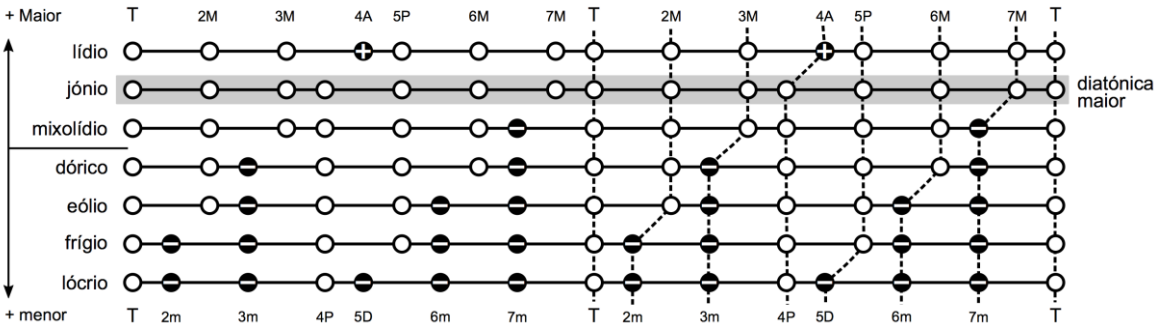


Figura 221. Comparação ordenada da estrutura escalar dos modos.

A ordenação anterior pode ser feita na consola (Figura 222), obtendo essa ordenação nos ecrãs de aquisição gestual.

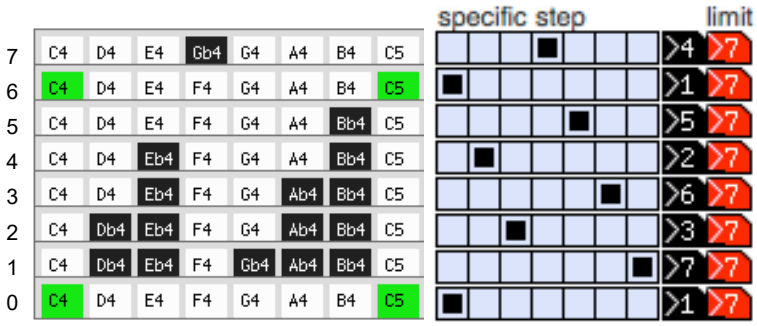


Figura 222. Ordenação maior-menor dos modos na consola.

Os modos bem temperados

O título deste tópico é uma alusão directa ao *Cravo Bem Temperado* de Bach. Se todas as tonalidades maiores e menores podem ser transpostas para cada uma das 12 notas cromáticas, então é possível aplicar o mesmo processo ao modos.

Na tonalidade funcional ocidental os modos (tonais) maiores e menores aparecem em todas as tonalidades, obtendo 24 variantes:

12 tonalidades maiores e menores = 12 x 2 = 24 variantes.

Pensando em todas as tonalidade e aplicando a cada uma delas todos os modos, cada tonalidade[728] pode ter 7 modos[729], totalizando assim 84 variantes:

[728] Ou seja, cada nota utilizada como tónica.

[729] Contra dois da tonalidade (modos maior e menor).

12 tonalidades dos 7 modos = 12 x 7 = 84 variantes.

Ou, invertendo a ordem dos factores, pensando em primeiro lugar nos modos e aplicando a cada um deles todas as tonalidades, cada modo pode ter 12 tonalidades[730], totalizando assim 84 variantes:

7 modos em 12 tonalidades = 7 x 12 = 84 variantes.

Em suma, se anteriormente já tinha sido mostrada a possibilidade de apresentar nos ecrãs de aquisição gestual as 12 versões da escala diatónica maior, então o mesmo pode ser feito com as 12 versões dos 7 modos.

A Figura 223 mostra a possibilidade de obtenção das 12 tonalidades do modo dório (ré). O processo pode ser feito da seguinte maneira: (1) selecciona-se a transposição para o 2º grau-quadrícula no selector "specific step" e (2) ajustam-se nos botões ⦃-/0/+⦄ o número de 1/2 tons necessários para a ordenação cromática de cada um deles[731].

Este processo pode ser aplicado a *todos os modos*, bastando ajustar a quadrícula "specific step" ao modo pretendido: 3º grau-quadrícula (frígio), 4º grau-quadrícula (lídio), e assim sucessivamente até ao 7º grau-quadrícula (lócrio). O 1º grau-quadrícula, sendo a escala diatónica de dó maior, corresponde, por inerência, ao modo jónio.

[730] Cada modo pode começar em cada uma das notas da escala cromática.

[731] A ordem destas operações pode ser invertida: primeiro a ordenação cromática e depois a selecção do grau correspondente ao modo.

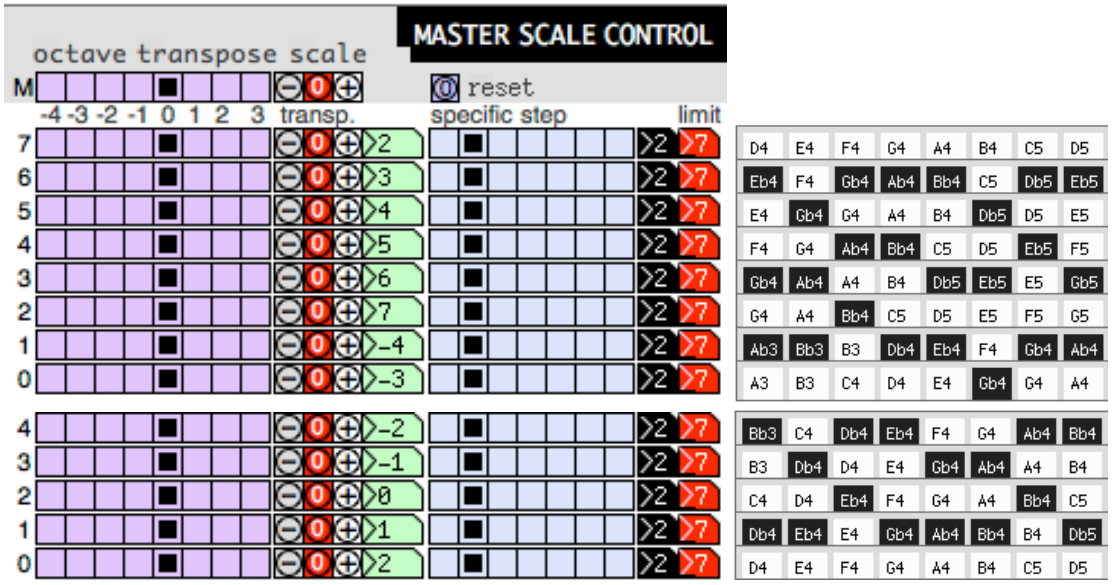


Figura 223. Modo dórico nas 12 tonalidades.

A outra maneira de obter as mesmas 84 variantes visuais é pegar numa tonalidade e aplicar diferentes graus específicos correspondentes aos 7 modos. Foi isso, aliás, o que foi feito na tonalidade de dó, como foi mostrado na Figura 222.

Para consolidar a apresentação dos 7 modos na mesma tonalidade, vai ser escolhida a nota *ré* como tónica de aplicação. Assim sendo, a Figura 224 mostra o mesmo processo anteriormente aplicado a *dó*: (1) transpõe-se a tonalidade base em dois 1/2 tons através dos botões {-/0/+} e (2) ajustam-se os graus que servirão de base aos diferentes modos, no selector "specific step"[732].

Este processo pode ser aplicado a todas as tonalidades, bastando ajustar as transposições necessárias através dos botões {-/0/+}: 0/dó, 1/réb, 2/ré, 3/mib, 4/mi, 5/fá, 6/solb, -5(7)/sol, -4(8)/láb, -3(9)/lá, -2(10)/si e -1(11)/dó.

[732] A ordem destas operações pode ser invertida: primeiro a selecção do grau correspondente ao modo e depois a transposição cromática.

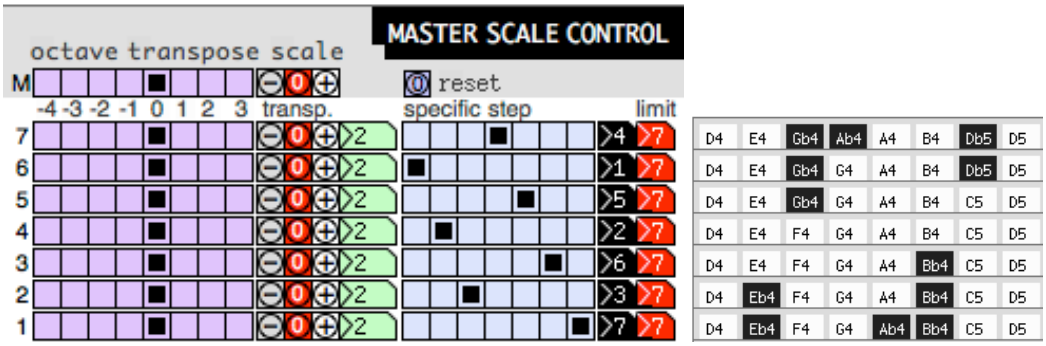


Figura 224. Todos os modos na tonalidade de ré.

6.4.8.3. Questões de integração dos diferentes tipos de transposição

Uma questão lógica emerge dos dois tipos de transposições feitas:

> **Pergunta**: Estando o teclado dividido verticalmente pode (1) uma parte apresentar transposições por movimento de grau e (2) outra apresentar transposições por reajuste de grau?
>
> **Resposta**: sim, é possível. Mas cuidado com as selecções: as exibidas são as últimas feitas.

E as restantes escalas assimétricas?

Todo o processo aplicado à escala diatónica pode ser aplicado às restantes escalas assimétricas, **neste caso às escalas pentatónicas de dó e réb**. Contudo, (1) devido ao número de notas ser claramente inferior, (2) de não formar organizações escalares tão vincadas e (3) para não tornar a exposição demasiado longa, basta dizer que o processo é semelhante, podendo inclusivamente ser combinado com as escalas diatónicas, respectivos modos e todas as variações apresentadas.

Recapitulando: tudo com tudo

Termina assim a parte das configurações visuais contidas na área de selecções visuais (Figura 187-1-2-3-4-5). Em jeito de recapitulação, tudo pode ser combinado com tudo, desde que uma opção não exclua outra. Assim sendo, e relembrando o que foi apresentado, as configurações podem conter a seguinte mistura:

- diferentes comprimentos de tecla;
- diferentes escalas;
- diferentes referenciações de cor;

- diferentes referenciações de notação;
- diferentes transposições de oitava;
- diferentes transposições por movimentação de grau.
- diferentes transposições por reajustamentos de grau.

6.4.9. Disposições visuais especiais

Estas disposições são a aplicação prática dos conceitos abordados nas secções "6.3.8 - Multi-escalas assimétricas" (p. 335) e "6.3.9 - Desfasamento microtonal" (338), sendo desenvolvidas com o intuito de proporcionar alguma flexibilidade visual que, até agora, ainda só tinha sido feita de maneira vertical. Assim sendo, em teoria, se o comprimento da tecla poderia ser configurado (eixo vertical), o mesmo poderia ser feito com a sua largura (eixo horizontal).

Como já foi referido nas secções supracitadas, há um aspecto muito marcante a ter em conta: se a modificação vertical do tamanho não é cumulativa, o mesmo não se acontece na sua congénere horizontal. Tendo em conta que a programação foi planeada com base no *protótipo 4*, o acrescento de largura tem de ser múltiplo da sua unidade mínima. Assim sendo, e pegando no caso do *protótipo 4*, o mais pequeno acrescento gera obrigatoriamente uma largura de tecla de 32mm (2x16mm). Mesmo aplicando esta lógica ao *protótipo 5*, os incrementos de largura são exagerados[733].

Mas os principais propósitos das disposições visuais especiais é (i) provar que as larguras de teclas também podem ser ajustadas e, (ii) adicionalmente, colocar lado a lado várias escalas com divisões de oitava bem diferenciadas e desalinhadas mas que, num determinado ponto, se encontram novamente – neste caso, na oitava de referência. Adicionalmente, outro tipo de ajuste podem surgiu, como foi o caso da "disposição desfasada".

Zona de acesso e exclusão

As disposições especiais foram pensadas de forma isolada das restantes configurações e funcionam como um conceito prova, ou seja, apenas para exemplificar o conceito base[734]. Assim sendo, as duas disposições visuais disponíveis são fixas, não podendo ser configuradas ou transpostas como as anteriores.

---

[733] Caso a programação tivesse sido feita de raiz para o *protótipo 5*, poder-se-ia ter pensado em incrementos mais graduais.

[734] Também é verdade que a sua harmonização com as restantes configurações visuais aumentaria a complexidade geral de todo o conjunto.

A sua activação (Figura 225-1-3) é feita na zona onde aparecem as suas miniaturas visuais (Figura 225-2-4). A sua desactivação é feita na mesma zona (Figura 225-6), retomando a configuração inicial de abertura do *patch*[735].

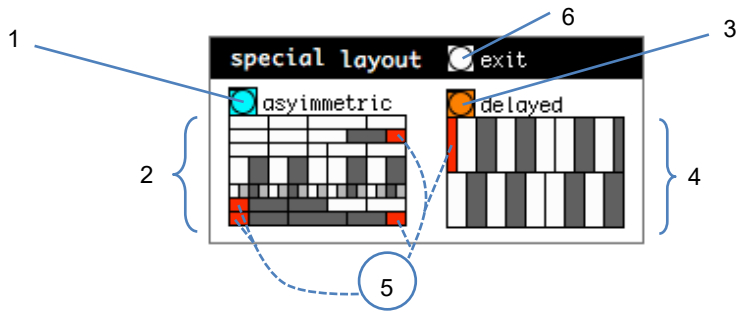


Figura 225. Consola de selecção “special layout”.

(1) Activação da disposição assimétrica. (2) Logótipo da disposição assimétrica. (3) Activação da disposição desfasada. (4) Logótipo da disposição desfasada. (5) Zonas a vermelho: sem grau de escala por falta de espaço para completar um grau inteiro. (6) Desactivação de disposição especial, qualquer que ela seja. Saída do apagão da consola visual.

Durante a utilização das disposições visuais dá-se um apagão da consola visual base, de modo a tornar clara a independência de processos e simplificar o aspecto visual geral (Figura 226).

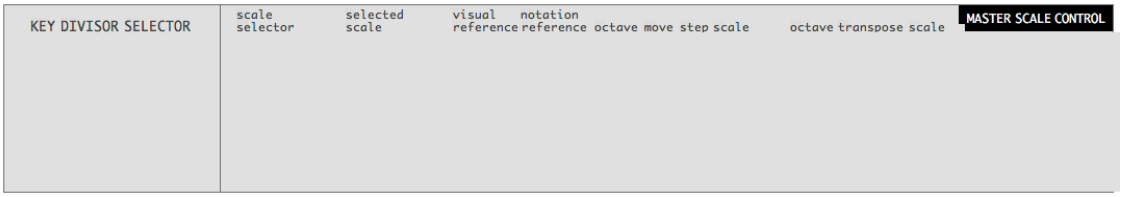


Figura 226. Apagão da consola visual.

Zonas de controlo durante a utilização de disposições especiais. Ao sair de qualquer uma delas, voltará ao aspecto original.

6.4.9.1. Disposição assimétrica

Esta disposição é a implementação da secção “6.3.8 - Multi-escalas assimétricas”, onde é feita a conjugação de diferentes escalas assimétricas com correspondência espacial absoluta, ou seja, a diferentes intervalos musicais correspondem, de forma análoga, diferentes intervalos espaciais na superfície de aquisição gestual (Figura 227).

[735] Serão perdidas eventuais configurações entretanto feitas na consola visual base. É um aspecto que poderá ser corrigido no futuro.

São utilizadas as sete escalas previstas na implementação (segundo a ordem Figura 227-2-8), embora limitadas aos graus iniciais, devido ao espaço visual disponível. Não há qualquer tipo de transposição ou modificação visual, nem sequer a nível de referenciação de cor e notação. Os espaços a vermelho correspondem às zonas sem nota definida e sem altura de som (frequência 0Hz), uma vez que a nota adstrita a esse espaço ficaria visualmente cortada.

Contudo, tudo o resto funciona de forma integrada no sistema geral (excepto selecções visuais), incluindo a consola de modulação sonora, sendo as frequências exibidas na consola própria (Figura 227, em baixo) e enviadas para os osciladores.

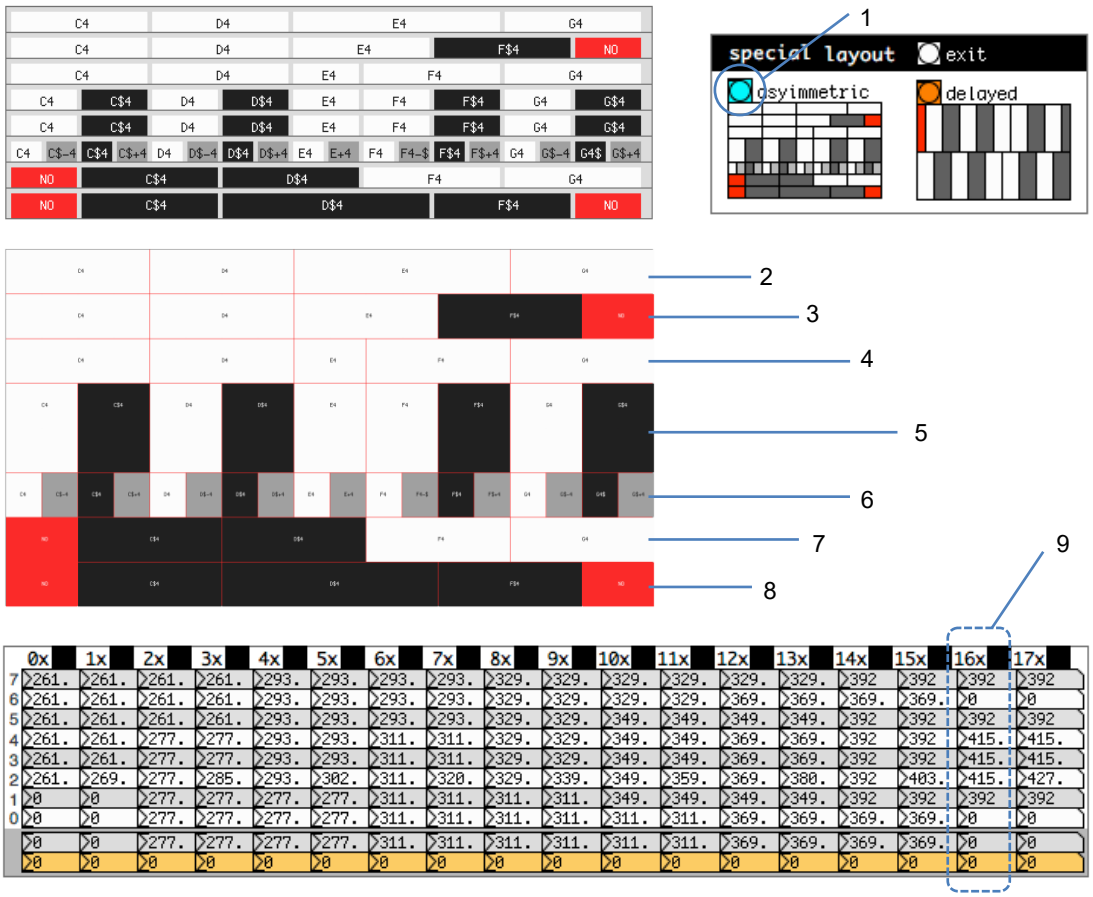


Figura 227. Disposição assimétrica.

(1) Acesso à disposição assimétrica. (2) Escala pentatónica de "dó" {dó, ré, mi, sol}. (3) Escala de tons inteiros de "dó" {dó, ré, mi, fá#, ---}. (4) Escala diatónica {dó, ré, mi, fá, sol}. (5) Escala cromática {dó, dó#, ré, ré#, mi, fá, fá#, sol, sol#}. (6) Escala de 1/4 de tom {dó, dó#-, dó#, dó#+, ré, ré#-, ré#, ré#+, mi, mi+, fá, fá#-, fá#, fá#+, sol, sol#-, sol#, sol#+}. (7) Escala de tons inteiros de "dó#" {---, dó#, ré#, fá, sol}. (8) Escala pentatónica de "dó#" {---, dó#, ré#, fá#, ---}. Nota importante: a escala pentatónica "dó#" foi pensada para apenas ter teclas pretas. Isto significa, na verdade, que é a escala pentatónica de "dó" transposta para fá#. Por isso, a estrutura intervalar não funciona como uma simples transposição 1/2 tom acima da escala pentatónica de dó. (9) De notar que o quadro de frequências tem correspondência com notas apresentadas. A zona nula (vermelho) apresenta a frequência 0Hz.

6.4.9.2. Disposição desfasada

Esta disposição é a aplicação prática da secção “6.3.9 - Desfasamento microtonal” (p. 338) onde, em alternativa à exibição de uma escala de 1/4 de tom, duas escalas cromáticas são confrontadas desfasadamente, de modo a proporcionar uma trama de 1/4 de tom (Figura 228).

As vantagens e desvantagens já foram referidas na secção supracitada, e repetem-se os mesmos princípios aplicados à disposição assimétrica: zona vermelha sem consignação de altura, integração com o sistema geral (excepto selecções visuais) e exibição de frequências na consola própria (Figura 227, em baixo) para envio para os osciladores.

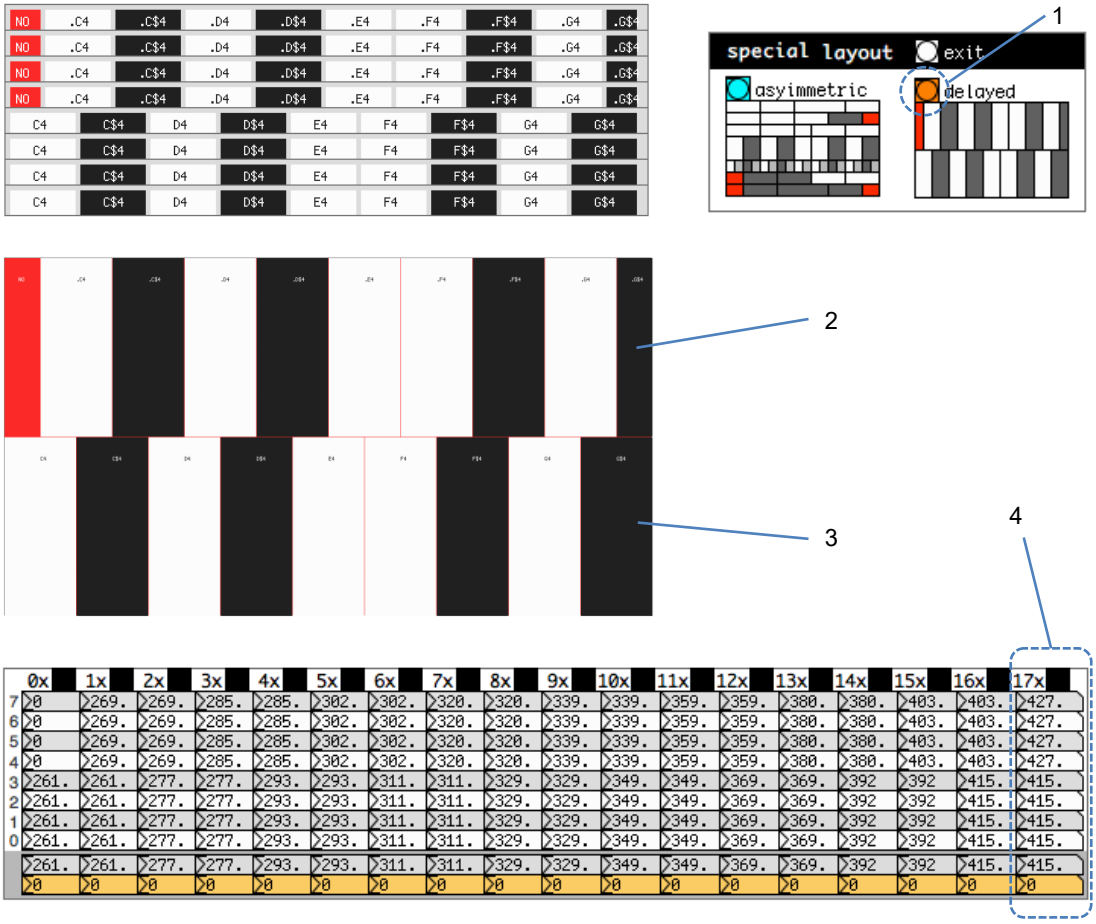


Figura 228. Disposição desfasada.

(1) Acesso à disposição desfasada. (2) Escala cromática 1/4 de tom acima ⦃.dó, .dó#, .ré, .ré#, .mi, .fá, .fá#, .sol, .sol#⦄. O ponto “.” antes da nota significa que está desfasado. (3) Escala cromática ⦃dó, dó#, ré, ré#, mi, fá, fá#, sol, sol#⦄. (4) Coluna de frequências. De notar que apesar da partilha da cor, as frequências das 4 linhas superiores estão 1/4 de tom acima.

6.4.10. Consola de osciladores

A última etapa é a conversão de dados em som. A consola de osciladores recolhe todas as variáveis configuradas e os valores recolhidos na superfície de aquisição gestual e entretanto mapeados noutras consolas. Há contudo – para além de aspectos práticos específicos –, uma última oportunidade de calibrar alguns parâmetros relacionados com a intensidade.

6.4.10.1. Osciladores gerais

São três os osciladores gerais, funcionando – em termos de altura do som –, em conjunto e de forma monofónica, ou seja, todos partilham a mesma frequência em simultâneo, incluindo o efeito de *glissando*. A diferença está no timbre de cada um deles, cada um com o seu tipo de onda: sinusoidal, quadrada e dente-de-serra (Figura 229).

Contudo, termos de intensidade, são completamente independentes, tal como configurado na consola de modulação sonora (Figura 179, p. 346), podendo ainda cada uma receber ajustes finais nesta etapa final.

Mesmo em relação à altura do som, a sua unicidade diz respeito ao funcionamento geral, podendo cada oscilador ser testado individualmente, desde que os mecanismos de aquisição do eixo Z estejam desligados.

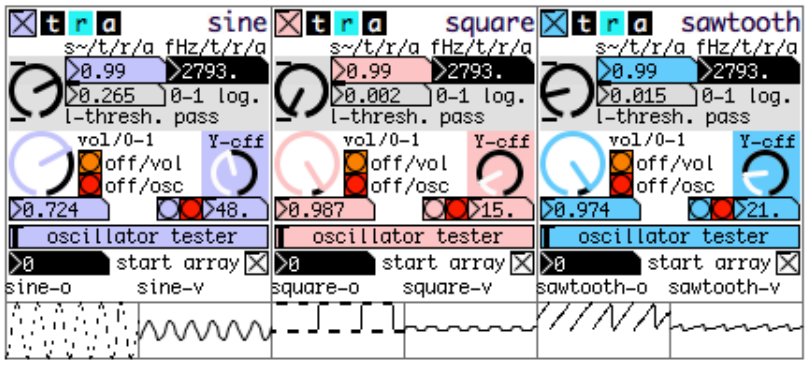


Figura 229. Conjunto de três osciladores: *sine*, *square* e *sawtooth*.

6.4.10.2. Extensão polifónica

A extensão polifónica é um *patch* complementar que permite o funcionamento de 18 osciladores activados pelos modos *analogic* e *random* (Figura 231). Como o modo *random* é uma simulação do modo *analogic*, são gerados 18 valores XZ e 8 valores YZ, permitindo o seu aproveitamento polifónico.

A grande diferença entre a extensão polifónica e o funcionamento monofónico é que, enquanto que no último caso é seleccionado o maior valor de cada XZ e YZ, na extensão polifónica todos os valores XZ são admitidos.

Explicitando mais, no funcionamento monofónico o maior valor Z do eixo X determinava a coordena X; tal como o maior valor Z do eixo Y determinava a coordenada Y; e finalmente o maior valor do eixo Z do eixo X determinava o valor Z do coordenada XY da matriz.

No caso da extensão polifónica, todos os 18 valores XZ são admitidos, fornecendo valores para os 18 osciladores. Contudo, mantêm-se a selecção do maior valor Z do eixo Y, determinando qual a linha consignada para a consola de modulação sonora.

Em suma, a extensão polifónica permite a excitação de 18 osciladores mas apenas permite um posicionamento Y de cada vez, precisamente o maior valor YZ apurado.

A extensão polifónica apenas gera frequências com intensidade em osciladores sinusoidais. É sensível a todas as configurações discretas de altura de som, como a divisão de tecla, escalas e transposições. Mas ignora os parâmetros da consola de modulação sonora, como o *micro-pitch* e o *glissando*, uma vez que os valores de frequência discretos seguem directamente para os osciladores.

No modo *random*, é possível acumular a extensão polifónica com o funcionamento regular, este último aproveitando a consola de modulação sonora e a tríade de osciladores do sistema monofónico. Apesar dos valores gerados pelo mecanismo *random* serem comuns às aos dois *patchs*, a conjugação atrás descrita pode gerar resultados sonoros em estilo de melodia (parte monofónica do sistema *random* regular) e acompanhamento (parte da extensão polifónica).

Esse efeito pode ser conseguido através da diferenciação dos 3 osciladores, da acumulação de intensidades desses três osciladores e do *glissando* de alturas. Esse conjugação de factores aplicado a uma linha monofónica gera grande contraste com o fundo polifónico de *clusters*, dando a sugestão de melodia-acompanhamento ou, dito de outra maneira, uma homofonia de *clusters* com um elemento melódico saliente (Figura 230 e Vídeo Anexo 16).

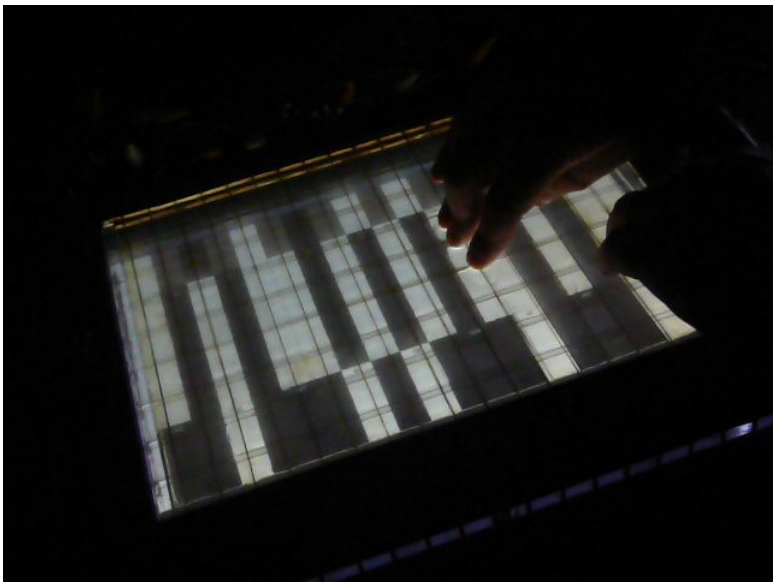


Figura 230. Fotograma do Vídeo Anexo 16.

Vídeo Anexo 16. Melodia em modo *analogic* com acompanhamento polifónico em modo *random*.

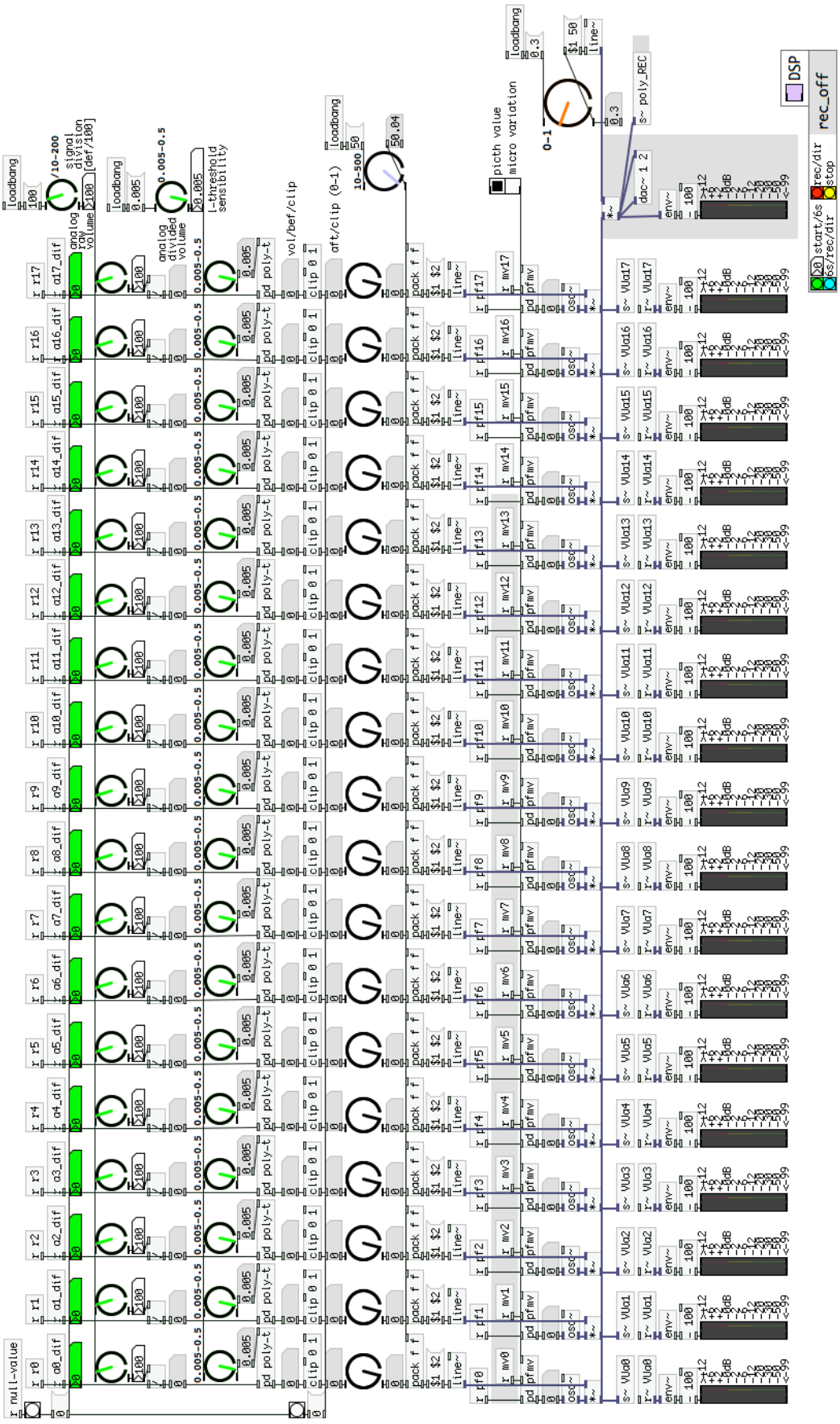


Figura 231. Extensão polifónica.

6.5. CONTINUUM SCREENBOARD

Este subcapítulo versa sobre um tipo de implementação instrumental alternativo ao do *Instrumento Base*, aproveitando o *hardware* do *protótipo 5* e alguma da programação base apresentada no subcapítulo anterior.

Introdução

O título deste subcapítulo é uma homenagem ao *Continuum Fingerboard*, sobretudo ao sublimar, tal como o nome indica, os princípios de continuidade máxima numa superfície de aquisição táctil. É o juntar da inspiração instrumental fundida com a flexibilidade visual proporcionada pela imagem luz, tal como foi livremente ilustrada na "Figura 10. Junção conceptual do *Continuum Fingerboard* com flexibilidade visual de ecrã." (p. 14).

Outra alternativa terminológica seria *ThereminScreen*, em homenagem ao instrumento criado por Léon Theremin. Num certo sentido, seria talvez um nome mais adequado, uma vez que se trata de uma aplicação monofónica completamente contínua aplicada a um único oscilador sinusoidal. A parte visual discreta serve apenas como referenciação visual, ou seja, os segmentos discretos (teclas) servem apenas como âmbitos contínuos de altura, com a frequência de referência no centro dos segmentos. Isto significa que para a direita dessa linha as alturas sobem continuamente de frequência; e para a esquerda o processo inverso para os graves.

Contudo, como o *theremin* toca-se (executa-se) sem se tocar (contactar), ou seja, não é tangível, o epíteto *Continuum Screenboard* revelou-se o mais adequado.

Bússola de alturas versus timbre

Uma questão importante foi escolher entre (1) o visionamento de múltiplas alturas escalares com um único timbre ou (2) o visionamento de vários timbres apenas com uma única referência escalar.

Na verdade tudo isto poderia ser feito mas, para além do investimento de tempo, poder-se-ia cair na tentação de fazer um "canivete suíço" instrumental, visualmente complicado e conceptualmente mais fechado a futuras implementações. Assim sendo, foi privilegiada referenciação de alturas – com uma disposição visual multi-escalar –, a uma disposição escalar mais austera – mas com espaço visual para parametrizações de timbre no ecrã[736].

[736] No futuro poder-se-á pensar numa maneira de conciliar outros tipos de parâmetros, utilizando, por exemplo, a sobreposição de disposições com transparência ajustável.

6.5.1. Consola universal de aquisição de sinal

Antes de passar à parte específica da implementação, convém referir que a parte de aquisição de dados é a mesma do *Instrumento Base*. Contudo, uma vez que a parte da modulação sonora e osciladores associados não vão ser utilizados, foi feita uma versão simplificada do mesmo (Figura 232).

Esta parte vai ser designada por "consola universal de aquisição de sinal", e será, doravante, utilizada para as restantes aplicações desta investigação. Isto significa que, sejam aplicações de áudio, imagem fixa ou vídeo, eles correrão em associação co ela. Para já, esta consola contará apenas com um monitor de aquisição gestual, o monitor externo *tablet (protótipo 5)*.

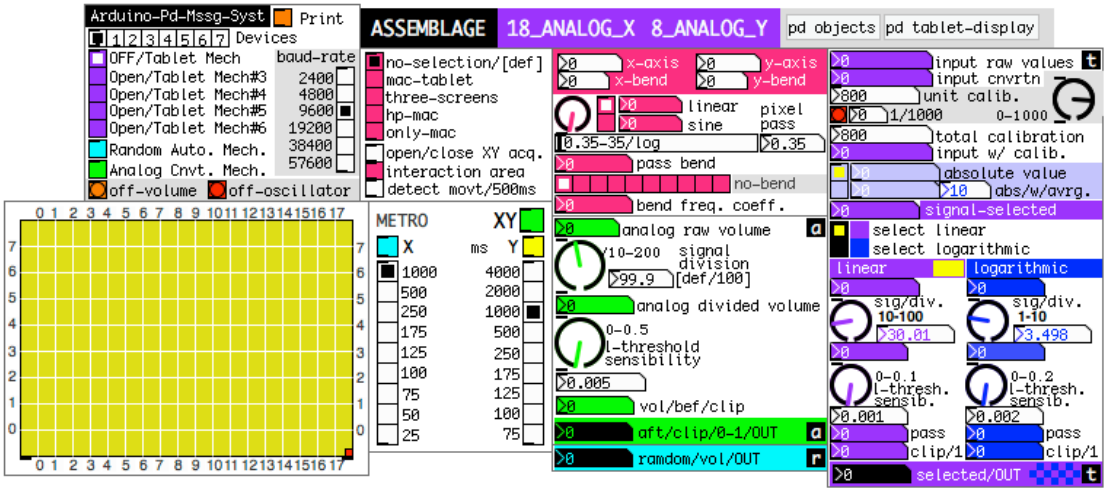


Figura 232. Consola universal de aquisição de sinal.

6.5.2. Consola específica

Esta consola específica é o *patch* desenvolvido para esta aplicação (Figura 233). É constituído por elementos já utilizados (oscilador, consola de gravação, interruptor DSP e consola de recepção de frequências). A novidade é a consola de configuração visual (Figura 233, seta).

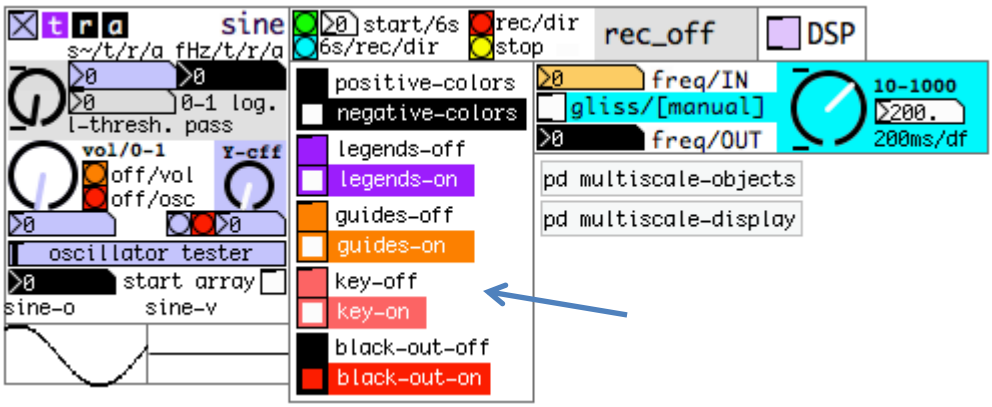


Figura 233. Consola específica “multi-escala” (seta).

6.5.3. Lógica e funcionalmento

6.5.3.1. Ecrã de aquisição gestual

Este ecrã é constituído por múltiplas escalas que obedecem a um princípio fundamental: o seu espaço visual corresponde ao seu âmbito de alturas e vice-versa. Isto significa que quanto maiores forem as unidades discretas visuais, maiores serão os âmbitos de altura associados.

Em termos de aspecto geral – e fazendo um paralelismo com as disposições especiais do instrumento base –, é uma mistura da disposição assimétrica com a disposição desfasada. No primeiro caso porque há diferentes tipos de divisão de oitava, no segundo caso porque existem divisões de oitava iguais mas posicionadas desfasadamente (Figura 234).

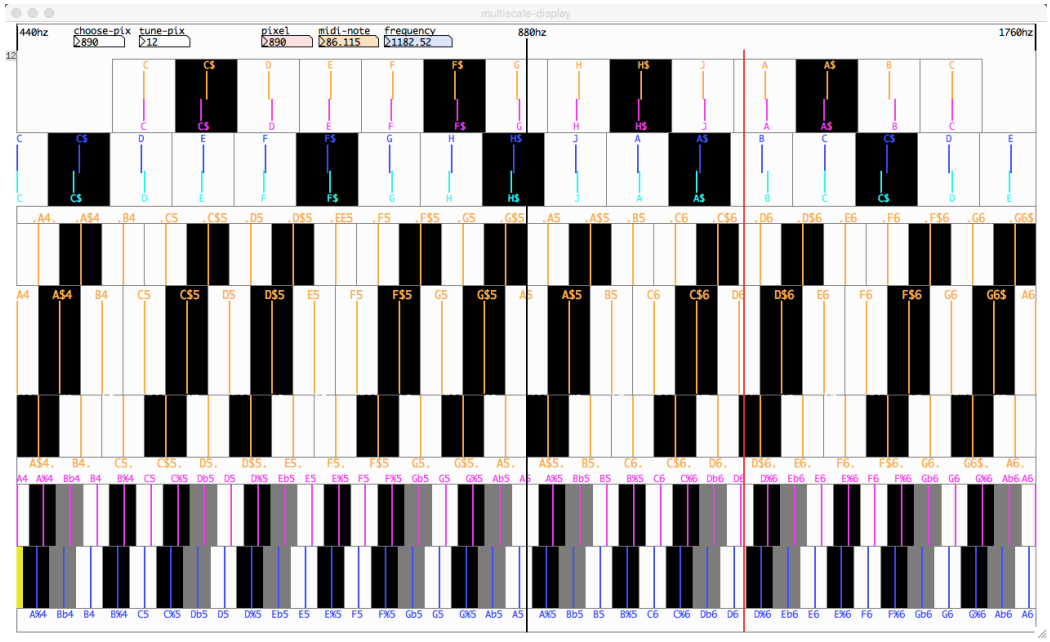


Figura 234. Aspecto geral do ecrã de aquisição gestual: informação máxima em cores positivas.

A Figura 235 mostra em pormenor todos os elementos visuais presentes no ecrã de aquisição gestual, que serão explicados de seguida.

O ecrã é constituído por 7 disposições escalares, embora correspondam a 3 tipos de escala com diversas transposições:

i. Escala **Bohlen-Pierce** em **dó** (Figura 235-1) e em **lá** (Figura 235-2);

ii. Escala **cromática** (Figura 235-4) com transposições **1/4 de tom acima** (Figura 235-3) e **1/4 de tom abaixo** (Figura 235-4);

iii. Escala de **1/19 de tom** em **lá** (Figura 235-6) e em **dó** (Figura 235-7).

Todas estas disposições escalares encontram-se organizadas num *continuum* de alturas, ou seja, o eixo X é um contínuo de frequências entre 440-1760Hz, sendo referenciado por diversas escalas musicais, como se de uma "pele" se tratasse. O eixo Y apenas serve para acomodar em simultâneo as diversas visualidades escalares.

Isto significa que uma determinada altura pode ser tocada em qualquer coordenada do eixo Y, o que muda é o representação visual que está por detrás.

O posicionamento da interacção no eixo X é representado por uma linha vermelha transversal a todas as escalas (Figura 235-9), sendo uma mira do rastreamento desse mesmo eixo. Por isso, exemplificando, é possível tocar a escala de Bohlen-Pierce em *dó* na área da escala cromática, desde que o posicionamento da mira coincida com a escala

pretendida. Isso não acontecia no instrumento base, onde cada unidade discreta de escala correspondia apenas ao um determinado grau de uma escala.

Um aspecto muito importante desta implementação visual é a coexistência da versão temperada e justa da mesma escala (Figura 235-8-10), ou seja, a coexistência visual de (i) versão resultante de unidades regulares temperadas[737] com (ii) o a sua referência gerada a partir de fracções. No fundo, como as alturas são todas contínuas, é a execução em torno das miras e nos elementos de representação de altura que determinam a organização escalar.

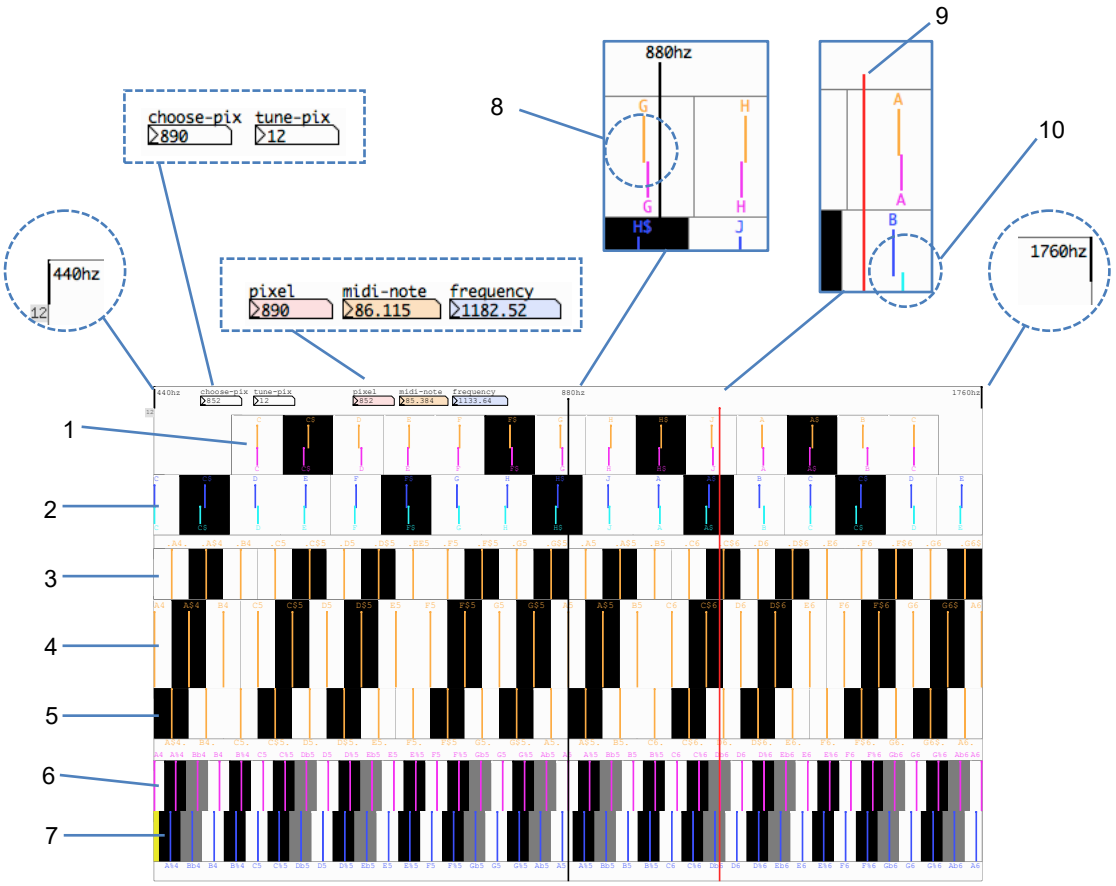


Figura 235. Explicação do aspecto geral do ecrã de aquisição gestual: informação máxima em cores positivas.

(1) Escala **Bohlen–Pierce** em **dó**. (2) Escala **Bohlen–Pierce** em **lá**. (3) Escala **cromática 1/4 tom acima** (desfasada). (4) Escala **cromática** (5) Escala **cromática 1/4 tom abaixo** (desfasada). (6) Escala de **1/19 tons** em **lá**. (7) Escala de **1/19 tons** em **dó.** (8) Miras visuais da escala **Bohlen–Pierce** em **dó**: temperada (em cima a dourado) e justa (em baixo a magenta). (9) Mira vertical de píxel activo (eixo X). (10) Miras visuais da escala **Bohlen–Pierce** em **lá**: temperada (em cima a azul-escuro) e justa (em baixo a azul-claro).

[737] Ou seja, um centróide do âmbito de uma unidade discreta temperada.

Versões lá e dó

As escalas Bohlen-Pierce e 1/19 de tom apresentam duas versões, cada uma com tónicas em *lá* e *dó*. Qual a razão deste procedimento? Para mostrar transposições de escalas com divisão diferente da cromática e respectivos temperamentos (casos seja aplicável).

Enquanto que as escalas apresentadas no instrumento base se baseavam no sistema de divisão da oitava em 12 partes[738], estas escalas não encaixam nestas unidades mínimas de altura. Além disso, no caso da escala de Bohlen-Pierce, a repetição da nota inicial corresponde à *tritava* (3:1), em vez da oitava (2:1).

A escolha das notas *lá* e *dó* foi arbitrária, uma vez que poderia começar em qualquer outra nota ou altura. Contudo, por uma questão de comparação com o sistema tonal, escolheram-se estas duas alturas de forma a melhor aferir as diferenças visuais e sonoras.

6.5.3.2. Consola de configuração visual

Esta consola destina-se a configurar o aspecto da superfície de aquisição gestual, dando-lhe a possibilidade de exibir ou ocultar dados da mesma. A palavra *aspecto* é a mais adequada, uma vez que é apenas isso que é mudado. Em termos sonoros tudo se mantém inalterado, ou seja, cada píxel corresponde a 0.0192308 partes de nota MIDI, ou seja, a 1/624 de oitava.

As configurações visuais, tal como mostrado na Figura 236 são as seguintes:

i. **Cor do fundo**: preto ou branco (Figura 236-1), Designando-se por cores positivas (fundo branco) e cores negativas (fundo preto);

ii. **Legendas**: exibição da notação em formato alfanumérico (Figura 236-2);

iii. **Guias**: exibição das miras correspondentes ao posicionamento exacto do centróide da altura definida para a área visual discreta (Figura 236-3);

iv. **Teclas**: exibição das áreas visuais correspondentes ao espaço discreto das teclas (Figura 236-4);

v. **Apagão**: exibição da disposição visual mais simples (Figura 236-5). Significa que qualquer configuração pode ficar escondida por detrás, ou seja, continua activa mas invisível. Isto significa que ao desligar o apagão, as outras configurações tornam-se novamente visíveis. É possível, aliás, fazer qualquer configuração com o apagão activo, uma vez que sendo este desactivado, serão mostradas as alterações feitas. A única configuração visível com o apagão

[738] Utilizando a divisão de 1/4 de tom como uma subdivisão desse sistema.

activado é a mudança da cor do fundo (branco ou preto). O apagão serve para gerar, a qualquer momento, uma disposição visual mínima, sem condicionalismos visuais, apenas com o retorno sonoro.

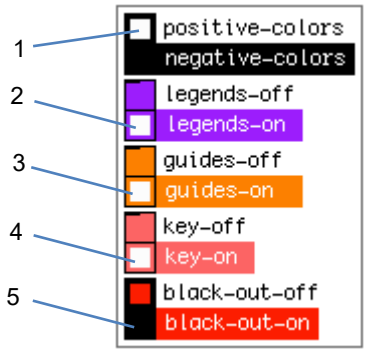


Figura 236. Consola de configuração visual.

(1) Selecção de cores positivas ou negativas (positivas no exemplo). (2) Selecção de visualização de legendas (visualizadas no exemplo). (3) Selecção de visualização de guias (visualizadas no exemplo). (4) Selecção de visualização teclas (visualizadas no exemplo). (5) Selecção de visualização ou apagão (desactivado no exemplo).

As configurações visuais podem combinadas de várias formas, como mostra a Figura 237. O exemplo com todas as combinações possíveis encontra-se no Apêndice D 21 .

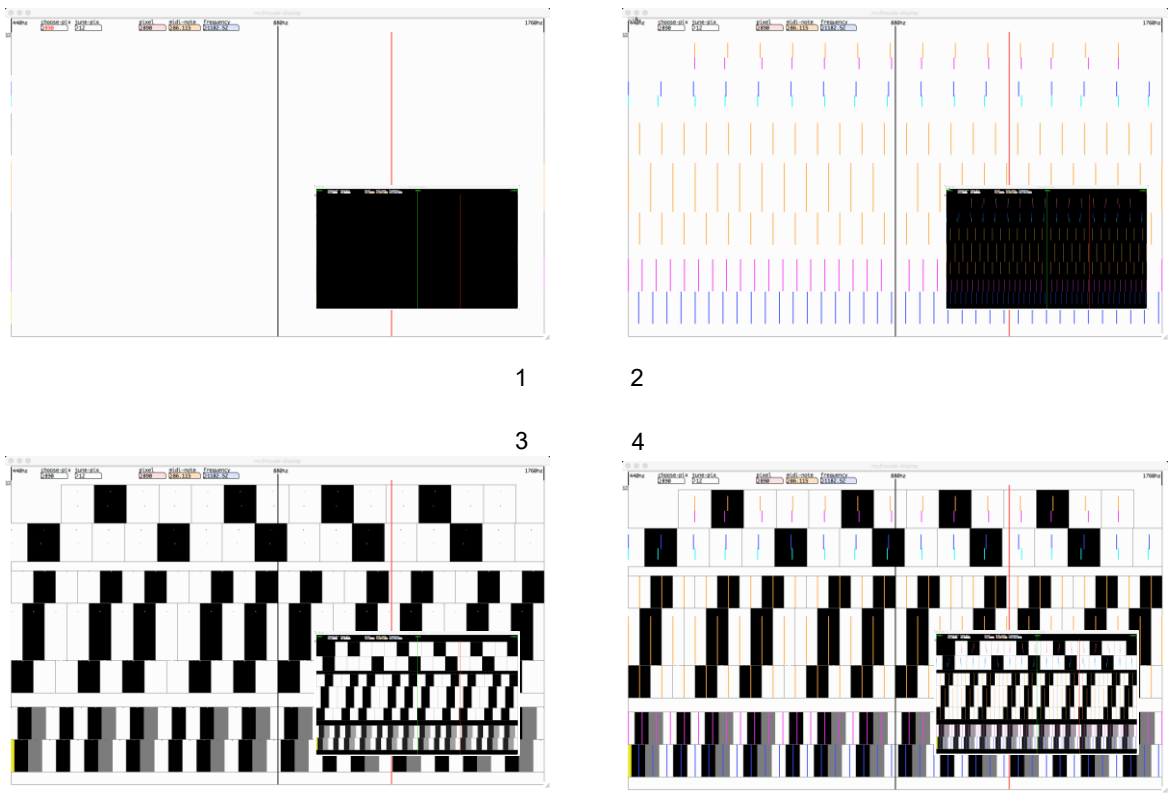


Figura 237. Exemplos de combinações visuais possíveis.

(1) Apagão cores positivas (grande) e apagão cores negativas (pequeno). É possível obter o mesmo resultado visual se as legendas, guias e teclas estiveram todas desactivadas (posição *off*). (2) Guias em cores positivas (grande) e negativas (pequeno). (3) Teclas em cores positivas (grande) e negativas (pequeno). (4) Guias e teclas em cores positivas (grande) e negativas (pequeno).

As mudanças de disposição visual podem ser vistas no seguinte vídeo:

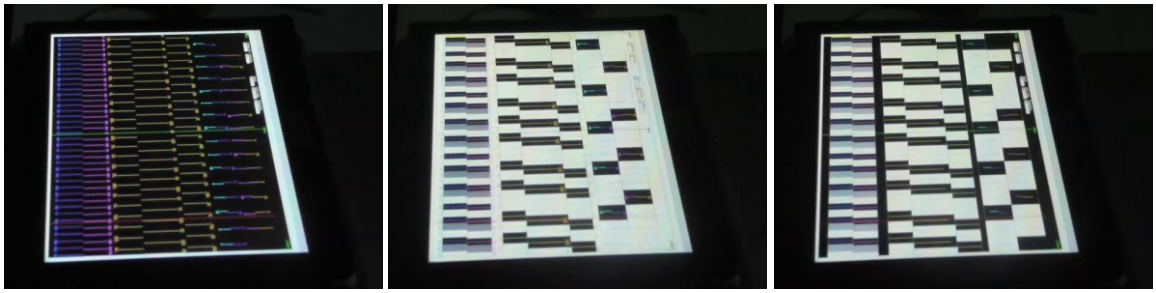


Figura 238. Fotogramas de mudança de aspecto do *Continuum Screenboard* (Vídeo Anexo 17).

Vídeo Anexo 17. Mudança do aspecto do *Continuum Screenboard.*

Capítulo 7 - Resultados e Análise da Implementação

Antes de apresentar os resultados – e uma vez que estão organizados por vários aspectos –, convém realçar a multidimensionalidade da própria implementação. Como foi referido no "Capítulo 1 - Introdução", é a conjunção das variáveis visuais e tácteis que sustenta o contributo original desta tese.

Assim sendo, todos os resultados doravante apresentados devem ser compreendidos numa lógica de conjugação, e não como uma lista de aspectos independentes.

7.1. RESULTADOS VISUAIS

7.1.1. A auto-representação das imagens

Os resultados visuais são, simultaneamente planeamento e resultado. Uma vez que se tratam de imagens construídas à medida, elas próprias são auto-representativas, ou seja, elas próprias são o resultado visual de ideias que, à partida, são de índole visual.

Acresce ainda que a própria natureza das imagens permite observá-las de forma independente do factor temporal, ou seja, mesmo numa imagem em movimento – como o vídeo –, ao contrário do som, é possível apresentar uma amostra estática e reconhecê-la como parte integrante de uma sequência.

A visualidade desta implementação é constituída por imagens estáticas configuráveis. Claro que a sua configuração a alta velocidade pode gerar a animação das mesmas. Mas, tendo em conta que está subjacente uma determinada prática musical, parte-se do princípio que a configuração visual ocorre principalmente nos intervalos da performance, não durante a mesma[739].

Isto tudo para dizer que, grande parte dos resultados visuais já foram apresentados nos subcapítulos "6.4 - Implementação do Instrumento Base" e "6.5 - Continuum

[739] É apenas um entendimento. A programação, tal como foi feita, permite mudar a configuração em qualquer momento, mesmo em contexto de performance.

Screenboard". A escrita dessa parte foi, aliás, baseada no sentido da ideia para implementação.

Por fim, é necessário distinguir duas organizações de imagem: (1) aquelas que são geradas directamente e somente a partir de uma instrução do utilizador e (2) aquelas que são geradas automaticamente a partir de fluxos de valores em constante actualização.

No primeiro caso estão incluídas as configurações escalares e segmentações do teclado, ou seja, tudo aquilo que implica uma acção directa e consciente do utilizador, sendo alterada apenas com acções do mesmo tipo.

No segundo caso estão as referências visuais e alfanuméricas geradas de acordo com os dados recebidos, como inúmeros mostradores de informação e objectos visuais que alteram o seu estado sem acção directa do utilizador.

7.1.2. As combinações visuais possíveis

Tendo em conta o apresentado no "Capítulo 6 - Implementação de Software", vai-se fazer uma súmula dos resultados visuais exibidos nos ecrãs da superfície de aquisição gestual:

- **a.** Tamanho dos segmentos
  - **a.1.** Diferentes comprimentos do eixo Y. Configurável através do selector de divisão de tecla (IB[740]); Presentes na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presentes no *Continuum Screenboard*;
  - **a.2.** Diferentes larguras do eixo X**.** Presentes na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presentes no *Continuum Screenboard*.
- **b.** Divisão dos segmentos
  - **b.1.** Divisões isométricas. Configurável através do selector de divisão de tecla (IB); Presente na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presentes no Presentes no *Continuum Screenboard*;
  - **b.2.** Divisões assimétricas. Configurável através do selector de divisão de tecla (IB); Presente na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presentes no Presentes no *Continuum Screenboard*.
- **c.** Conjugação de escalas
  - **c.1.** Mudança de escala na mesma área. Configurável no selector de escalas (IB);

[740] Instrumento base.

c.2. Diferentes escalas em simultâneo. Configurável no selector de escalas (IB); Presente na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presentes no *Continuum Screenboard*.

d. Divisão da oitava

d.1. Divisão assimétrica da oitava. Presente na escala diatónia e modos derivados, assim como nas escalas pentatónicas (IB); Presente na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presente no *Continuum Screenboard* (escala Bohlen-Pierce);

d.2. Divisão isométrica da oitava. Presente nas escalas de tons inteiros, cromática e 1/2 de tom (IB); Presente na disposição assimétrica (parcialmente) e desfasada das disposições especiais (IB); Presente no *Continuum Screenboard* (todas as escalas excepto Bohlen-Pierce);

d.3. *Tritava*. Presente no *Continuum Screenboard* através da escala Bohlen-Pierce).

e. Transposições escalares

e.1. Transposição de oitava. Configurável no instrumento base (IB);

e.2. Transposição por movimento de grau. Configurável no instrumento base (IB);

e.3. Transposição por reajuste de grau. Configurável no instrumento base (IB);

e.4. Transposição por comparação visual. Escala cromática desfasada em 1/4 de tom: presente na disposição desfasada nas disposições especiais (IB); e no *Continuum Screenboard*

f. Relação entre intervalo de altura e espaço visual

f.1. Correspondência directa. Presente na disposição assimétrica das disposições especiais (IB); Presente no *Continuum Screenboard*;

f.2. Correspondência simbólica. Todos os restantes casos.

g. Referenciações visuais base

g.1. Tecla. Todas as implementações;

g.2. Cor:

g.2.1. Base. Todas as implementações;

g.2.2. Complementar. Referenciação de oitava no instrumento base (IB);

g.2.3. Outras. Cor de fundo configurável no *Continuum Screenboard*.

g.3. Mira. Configurável e presente no *Continuum Screenboard*;

g.4. Alfanumérica. Todas as implementações;

g.5. Outra referenciações visuais:

g.5.1. Apagão visual. Presente no *Continuum Screenboard*;

g.5.2. Indicadores de actividade:

g.5.2.1. Gravação áudio em curso. Todas as implementações;

g.5.2.2. Indicações de actividade. Vários sítios do instrumento base: miras de selecção de linha, luzes de selecção de coluna, mostradores de estado (ligado-desligado) e consola de posicionamento XY.

h. Conjunção simultânea de "tudo com tudo". Quase conjugável, excepto (1) o funcionamento simultâneo do instrumento base e do *Continuum Screenboard*[741] e, (2) dentro dentro do instrumento base, as disposições especiais não funcionam em simultâneo com as outras disposições.

Para além disso, e não contando com as indicações de actividade (g.5.2.2), contam-se as diversas consolas internas, ou seja, todas as consolas onde se exibem os elementos associados ao controlo e visualização de dados. Muitos deles – como diversos potenciómetros (em roda ou deslizantes), selectores, botões, mostradores e indicadores numéricos –, são indicadores visuais das variáveis XYZ e de números e grandezas associados, verdadeiros elementos de monitorização visual.

7.2. RESULTADOS SONOROS

Ao contrário da imagem, a natureza do som é eminentemente temporal, sendo um fenómeno altamente dinâmico. A representação estática do som não confere o mesmo grau de percepção que o processo homólogo em imagem. Por isso, a exposição dos resultados passará obrigatoriamente por aspectos relacionados com a audição, descrição de fenómenos sonoros com utilização de nomenclatura própria e diversos gráficos.

7.2.1. Alturas contínuas: diversos graus de *glissando* e *vibrato*

A nível de altura do som, o conceito instrumental desta implementação pode ser entendido de forma ambivalente: alturas discretas com variações contínuas ou alturas contínuas com referenciação discreta (Figura 239).

[741] Por filosofia de utilização, embora as aplicações possam funcionar lado a lado, uma vez que a parte de aquisição de dados é comum. Mas tendo em conta que o rastreamento directo XY em ecrã apenas foi planeado para um único ponto, não é possível tocar de forma controlável e simultânea em dois ecrãs. Além disso, ter-se-iam de adaptar as consolas de "selecção de ecrã" e "rastreamento posicional", o que significaria programação acrescida.

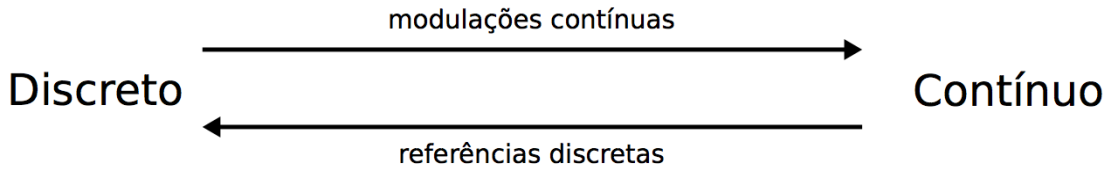


Figura 239. Referencial contínuo e referencial discreto.

Se os extremos se opõem, a sua modulação aproxima-os, uma vez que à discrição de vários pontos se pode adicionar continuidade; assim como uma linha contínua pode ser segmentada. São estes os fenómenos que vão ser abordados de seguida.

Glissando projectado e *glissando* directo

O *glissando* é obtido pelo preenchimento contínuo de altura entre dois pontos. Na implementação instrumental pode ser obtido de duas maneiras: (1) pela adição de continuidade entre dois pontos discretos – *glissando* projectado; ou (2) pela correspondência directa entre a gradação gestual na superfície de aquisição gestual e o seu resultado sonoro – *glissando* directo.

O primeiro caso é aplicável ao *protótipo 4*, onde a uma matriz de 18 pontos no eixo X podem ser adicionados – através de mapeamento –, elementos de continuidade de altura. Neste caso o *glissando* é uma estimativa contínua de alturas entre dois pontos da matriz operacional. Por princípio, este tipo de *glissando* só pode ter início depois de seleccionado o ponto de chegada. Os resultados práticos deste *glissando* vão ser apresentados no tópico "*Glissando* projectado e *glissando* directo" (p. 416).

No segundo é aplicável ao *protótipo 5*, onde uma matriz de 1248 pontos discretos no eixo X deixa de ser vista como tal, podendo ser rastreado um contínuo de informação entre o ponto de partida e ponto de chegada[742]. Neste caso o *glissando* pode começar antes de seleccionado o ponto de chegada, uma vez que a aquisição contínua num espaço de deslocação contínua pode transmitir uma correspondência directa, tal como ilustrado na Figura 240.

De referir que, em contexto electrónico e por mapeamento, os *glissandi* directos podem ser convertidos em *glissandi* projectados, ou seja, uma determinada informação contínua pode ser agrupada em unidades discretas[743]. O contrário não se aplica, ou seja, se o sistema apenas suporta *glissandi* projectados, os mesmos não podem ser

[742] A polpa dos dedos, neste contexto, pode ocupar mais de uma dezena de píxeis.

[743] Exemplificando com distâncias físicas a partir de um determinado ponto: 16 milissegundos, 167 milissegundos e 658 milissegundos podem ser agrupados no 1º segundo após o ponto de partida.

convertidos em *glissandi* directos, por falta de informação intermédia, tirando – em parte – a situação excepcional apresentada mais à frente (Figura 243, p.421). Nesse caso, o *glissando* projectado pode ser complementado com a realização de *vibrato*, caso este seja feito apenas em redor de um ponto de aquisição gestual, tal como apresentado na página 297.

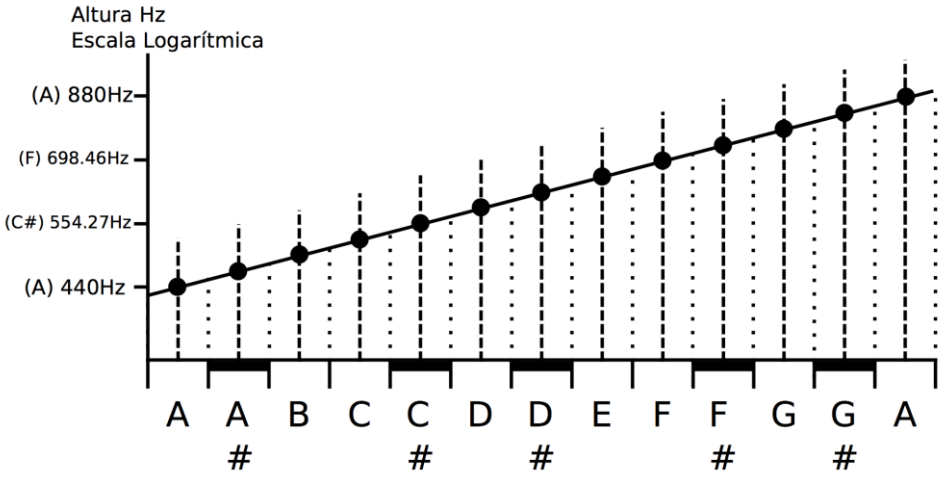


Figura 240. *Glissando* directo.

A linha horizontal representa o espaço visual da superfície de aquisição gestual, devidamente segmentada com a escala cromática de *lá (A)*; a linha ascendente representa a altura do som; as linhas pontuadas representam os limites discretos das áreas visuais; as linhas tracejadas representam o ponto exacto do espaço visual correspondente à altura exacta da nota representada.

No caso do *glissando* directo, havendo uma correspondência total entre espaço visual e o som correspondente, o *vibrato* resulta exclusivamente do posicionamento gestual na superfície de aquisição gestual, sendo a sua grandeza análoga ao posicionamento adquirido na superfície. Qualquer mudança de direcção no eixo adstrito à altura é imediatamente sonorizado, de acordo com a resolução do rastreamento.

As questões abordadas neste tópico serão desenvolvidas na subsecção "7.2.1.2 - Glissando directo versus glissando projectado".

Discrição de altura

A discrição de altura é obtida através da consignação de uma única altura dentro um segmento visual da superfície de aquisição gestual. No caso do *protótipo 4*, por defeito, as alturas são discretas e ancoradas aos 18 pontos do eixo X da matriz.

No caso do *protótipo 5,* quando aplicado ao "Continuum Screenboard", não há alturas discretas, uma vez que a aquisição e a parametrização são totalmente contínuas. Mas essa continuidade pode ser convertida em discrição: a utilização do *protótipo 5* no instrumento base permite a execução de alturas completamente discretas.

Assim sendo, tal como mostra a Figura 241, é possível geral discrições absolutas a partir de dados contínuos. No caso do protótipo 5, basta parametrizar unidades discretas a uma linha contínua para que tal aconteça.

Convém, mais uma vez, distinguir o sentido da discrição-continuidade: (1) aquilo que é contínuo, mais facilmente se torna discreto do que (2) aquilo que é discreto se transforma em contínuo. No primeiro caso há uma parametrização de informação contínua numa unidade discreta; no segundo caso há uma extrapolação de continuidade a partir de dois pontos desligados.

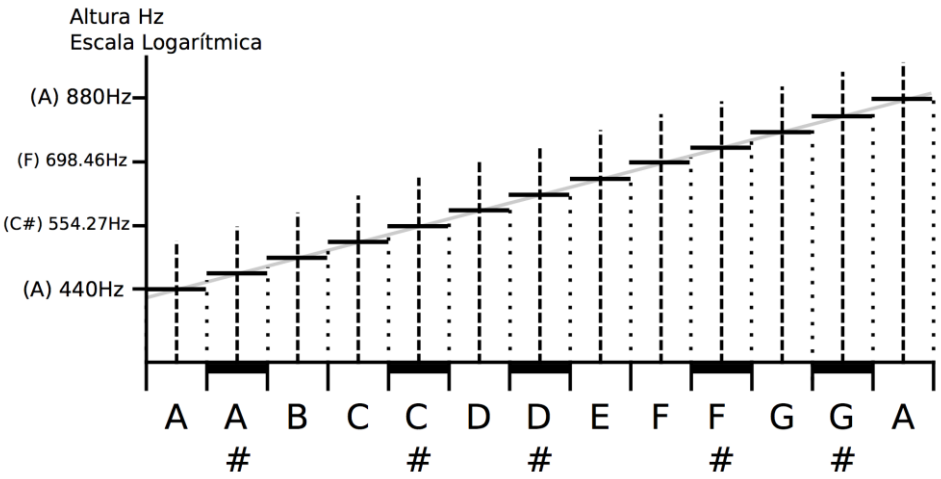


Figura 241. Discrição total.

A linha horizontal representa o espaço visual da superfície de aquisição gestual, devidamente segmentada com a escala cromática de *lá (A)*; a linha ascendente a cinza representa a altura do som de forma contínua, tal como apresentado na Figura 240; as linhas pontuadas representam os limites discretos das áreas visuais; as linhas tracejadas representam o ponto exacto do espaço visual correspondente à altura exacta da nota representada; os segmentos horizontais em socalco representam a altura do som, neste caso correspondente ao espaço visual discreto.

7.2.1.1. Vibrato

O *vibrato*, ou seja, a modulação da altura do som à volta de um determinado ponto, pode assumir várias dimensões: a sua velocidade, amplitude e plataforma.

A sua **velocidade** corresponde ao número de modulações num determinado período, ou seja, o número de ciclos por segundo[744]. Aliás, só a partir de uma determinada velocidade é que uma determinada modulação de altura passa a ser sentida

[744] Seria absolutamente correcto denominá-lo como frequência de *vibrato*. Contudo, para evitar confusão entre a "frequência de uma altura" com a "frequência de *vibrato* de uma altura com uma determinada frequência", optou-se por "velocidade de *vibrato*".

como *vibrato*. Dentro dos parâmetros associados ao *vibrato* é, nesta implementação, o único não parametrizável, sendo exclusivamente dependente da acção gestual do executante.

A sua **amplitude** está relacionada com o diferencial de altura em relação ao ponto de referência. Assim sendo, quanto mais amplo for, maior o âmbito de altura envolvido.

A sua **fronteira** está relacionada com a distância do ponto de referência ou base a partir do qual a sua velocidade e/ou amplitude ganha expressão. Este conceito surge da necessidade de diferenciar os limites a partir dos quais uma superfície de aquisição gestual (ou o seu mapeamento) permite que o *vibrato* se concretize.

Para melhor compreensão do conceito de fronteira, vão ser apresentados exemplos do violino, da guitarra e do clavicórdio. No caso do violino, a continuidade do seu braço permite que pequenas oscilações dos dedos gerem *vibrato*, mesmo que de pouca amplitude. No caso da guitarra, os trastes delimitam um segmento de corda em que só a partir de uma determinada oscilação dos dedos gere o *vibrato*. Neste, caso poder-se-á dizer que a fronteira de *vibrato* da guitarra é mais afastada que a do violino. No caso do clavicórdio, apenas oscilações bastante vincadas permitirão a obtenção de um *vibrato*. Naturalmente estão em jogo outras variáveis, como a tensão e massa das cordas; a distância da corda ao braço, no caso do violino e da guitarra; e da proeminência do traste, no caso da guitarra. Mas o conceito principal é que, nos instrumentos acústicos, pode haver uma atenuação física e/ou espacial a partir do qual o gesto do instrumentista começa a ter, em termos de *vibrato*, correspondência sonora. Este conceito vai ser transposto para a implementação instrumental desta investigação.

Serão considerados em análise os *vibrati* feitos a partir da modulação de unidades discretas (tenham ou não base discreta), uma vez que os *vibrati*[745] feitos a partir de *glissandi*[746] directos correspondem homologamente à distância percorrida na superfície de aquisição gestual[747].

Amplitude do *vibrato*

Na implementação do Instrumento Base, tendo como base as unidades de alturas discretas, a amplitude do *vibrato* está dependente do posicionamento digital e do rácio

[745] Plural de *vibrato*.

[746] Plural de *glissando*.

[747] Embora não seja forçoso que isso aconteça, uma vez que numa superfície de aquisição contínua de altura poderiam ser parametrizados vários pontos e respectivos limites discretos. Na prática é isso que acontece na versão *tablet* do Instrumento Base. Nesse caso – e apesar do *protótipo 5* permitir grande continuidade –, o ponto de partida são unidades discretas com adição de continuidade.

de altura em relação ao centro da área discreta. Assim sendo, a variação de amplitude pode ser maior ou menor, conforme o gesto e a parametrização efectuada (Figura 242).

A amplitude máxima do *vibrato* nos modos *analogic* e *random* é definida na consola de modulação sonora. Os diversos coeficientes podem fazer que a amplitude seja maior ou menor que os graus da escala contíguos. Esse coeficiente é aplicado à frequência da nota associada, independentemente da distância das suas vizinhas. Por isso, conforme a escala, a mesma amplitude de *vibrato* pode ultrapassar as frequências das notas vizinhas (limite inferior na nota com menos altura e limite superior da nota com mais altura).

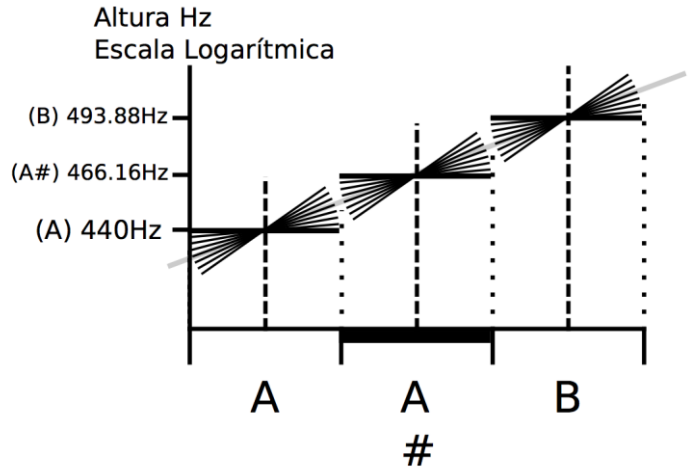


Figura 242. Diversos graus de amplitude do *vibrato*.

A linha horizontal representa o espaço visual da superfície de aquisição gestual, devidamente segmentada em três graus da escala cromática; a linha ascendente a cinza representa a altura do som de forma contínua, tal como apresentado na Figura 240; as linhas pontuadas representam os limites discretos das áreas visuais; as linhas tracejadas representam o ponto exacto do espaço visual correspondente à altura exacta da nota representada; os segmentos horizontais em socalco representam a altura do som, correspondente ao espaço visual discreto; os diversos segmentos ascendentes representam diferentes graus de amplitude do *vibrato*, de acordo com diferentes parametrizações.

Um aspecto importante é a parametrização do *glissando* projectado poder gerar amplitudes iguais ao *glissando* directo. Para que isso aconteça é necessário que o coeficiente de modulação permita que a amplitude máxima do *glissando* seja igual aos limites discretos de altura. Nesse caso, a amplitude máxima do *vibrato* pode coincidir com a trajectória do *glissando directo* (Figura 243, exemplo 2).

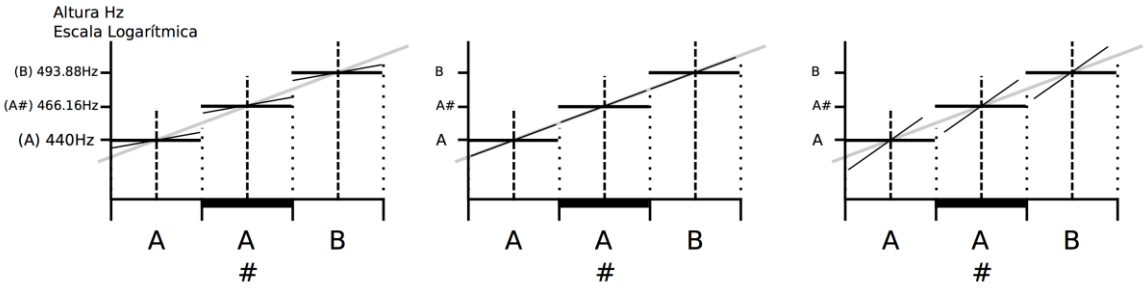


Figura 243. Diversos graus de amplitude do *vibrato*: (1) menor que *glissando* projectado; (2) igual a *glissando* projectado; (3) maior que *glissando* projectado.

A linha horizontal representa o espaço visual da superfície de aquisição gestual, devidamente segmentada em três graus da escala cromática; a linha ascendente a cinza representa a altura do som de forma contínua, tal como apresentado na Figura 240; as linhas pontuadas representam os limites discretos das áreas visuais; as linhas tracejadas representam o ponto exacto do espaço visual correspondente à altura exacta da nota representada; os segmentos horizontais em socalco representam a altura do som, correspondente ao espaço visual discreto; os diversos segmentos ascendentes representam diferentes graus de amplitude do *vibrato*, de acordo com diferentes parametrizações.

Fronteira do *vibrato*

Tendo em conta o ponto central das unidades discretas de altura, o âmbito corresponde à equidistância a partir da qual a amplitude do *vibrato* começa a ser construída. Isso significa que a amplitude, qualquer que ela seja, pode começar a partir de uma certa distância do centro, podendo haver uma zona neutra sem *vibrato*, ou seja, completamente discreta (Figura 244).

A fronteira de *vibrato* é exclusiva do modo *tablet* do Instrumento Base, precisamente porque, em termos de *hardware*, o *protótipo 5* é o único com resolução de rastreamento XY compatível com este conceito. Assim sendo, na consola de rastreamento é possível definir qual o píxel a partir do qual o *vibrato* se torna efectivo (Figura 185, p. 353).

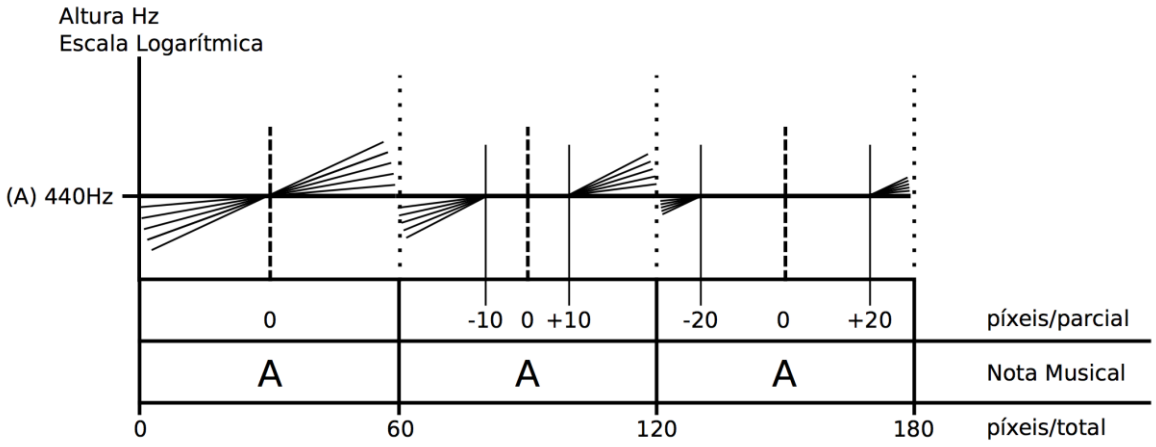


Figura 244. Diferentes fronteiras de *vibrato* sobre a nota A (lá).

A linha horizontal inferior representa o espaço visual da superfície de aquisição gestual em píxeis; A penúltima linha horizontal representa a altura discreta do som, em paralelo com a sua homóloga inferior, neste exemplo com a mesma nota A (lá); as linhas verticais pontuadas representam os limites discretos das áreas visuais e respectiva altura; as linhas tracejadas representam o centro do espaço visual da altura-nota representada; as linhas verticais finas representam o limite equidistante em relação ao ponto central (em píxeis); os diversos segmentos oblíquos representam diferentes graus de amplitude do *vibrato*, de acordo com diferentes fronteiras de *vibrato*.

Combinação de amplitude e fronteira

Complementarmente também é possível definir, no modo *tablet*, combinação da inclinação da rampa de amplitude com a fronteira de *vibrato*. Aqui há uma nota importante a reter: a inclinação da rampa de amplitude é calculada com base no centro do segmento com valor de fronteira nulo (Figura 244, exemplo da esquerda, píxel 0). Isso significa que a rampa não é reajustável para que a amplitude máxima de *vibrato* seja constante em relação à variação da fronteira de *vibrato*.

Em linguagem simples, o que se passa é que há um "afastamento" do sítio onde começa a rampa, o que implica que a amplitude máxima do *vibrato* não seja atingida. Todavia, é possível aumentar o coeficiente da amplitude máxima de *vibrato*, de modo a compensar a subtracção espacial da rampa de amplitude (Figura 245).

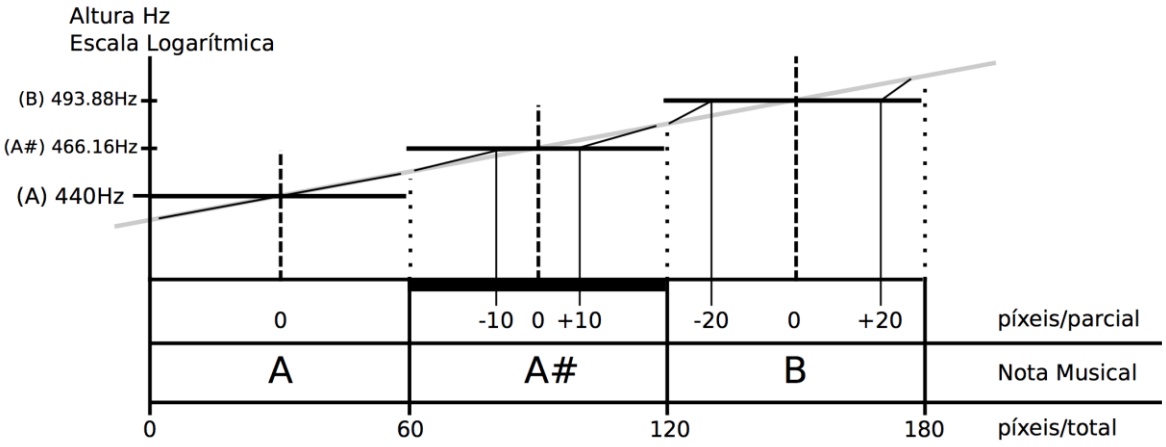


Figura 245. Diversas amplitudes e fronteiras de *vibrato* ajustadas à prossecução de um *glissando*.

A linha horizontal inferior representa o espaço visual da superfície de aquisição gestual em píxeis; A penúltima linha horizontal representa a altura discreta do som, em paralelo com a sua homóloga inferior, neste exemplo com as notas A, A# e B (lá, lá# e si); as linhas verticais pontuadas representam os limites discretos das áreas visuais e respectiva altura; as linhas tracejadas representam o centro do espaço visual da altura-nota representada; as linhas verticais finas representam o limite equidistante em relação ao ponto central (em píxeis); os diversos segmentos oblíquos representam diferentes graus de amplitude do *vibrato*, de acordo com diferentes fronteiras de *vibrato*.

Associação de *vibrato* e *tremolo*.

O *vibrato* e o *tremolo* andam muitas vezes associados – e por vezes confundidos –, mas significam coisas diferentes. Como já foi visto, o *vibrato* é uma variação de altura. O *tremolo*, por sua vez, é uma variação de intensidade. Pode haver alguma confusão porque o *tremolo* pode gerar uma ilusão de modulação de altura. Outras vezes, o *vibrato* e o *tremolo* aparecem juntos, havendo uma micro-variação conjunta de altura e intensidade.

Assim sendo, são três as possibilidades de micro-variação: (1) só *vibrato*, (2) só *tremolo* ou (3) ambas as coisas.

Nos instrumentos acústicos pode ser muito difícil encontrar exemplos em que seja possível separar completamente estas duas variáveis. Pensando no *vibrato*, o violino é um excelente exemplo desse efeito sonoro: o movimento do dedo executa a modulação da altura enquanto o arco desliza com grande homogeneidade de pressão. Contudo "grande" não significa "total": mesmo que o violinista consiga manter uma pressão de arco constante, o *vibrato* vai influenciar a estabilidade do próprio violino, fazendo com que, na prática, a pressão do arco possa ser ligeiramente flutuante. Em suma: o *vibrato* do violino pode ser um *vibrato* com uma pequena variação de intensidade. Contudo, para uma percepção efectiva do *tremolo*, seria necessário uma amplitude e velocidade de modulação de intensidade assinalável, algo que não acontece, por norma, na situação anterior.

Do lado oposto, os instrumentos de sopro podem ser utilizados para a produção de *tremolo*: sendo o aparelho respiratório e toda a zona bucal muito flexíveis e ágeis, é de esperar bons resultados na obtenção de *tremolo*. Contudo, na prática, mudanças repentinas de pressão do ar provocam flutuações de altura. Em suma: a tentativa de execução de apenas *tremolo* num instrumento de sopro – sendo feito na excitação[748] –, acaba por ser, de facto, um *tremolo* com uma pequena dose de variação de altura[749].

Nos instrumentos electrónicos, a separação destes parâmetros é perfeitamente exequível, uma vez que os parâmetros podem estar desligados da fisicalidade acústica natural. Tudo depende do tipo de aquisição gestual e da parametrização sonora.

Qualquer dos protótipos e aplicações apresentadas pode executar a associação de *vibrato* e *tremolo*, uma vez que a aquisição gestual é centralizada. De referir, contudo, que o *tremolo* é, em ambos, uma variação de intensidade com uma velocidade (ciclos por segundo) relativamente baixa, espelhando as idiossincrasias do *hardware*.

7.2.1.2. Glissando directo versus glissando projectado

Na implementação instrumental são utilizados estes dois tipos de *glissando*, surgindo as seguintes questões: (i) qual a diferença entre eles e (ii) quais os resultados práticos?

O *glissando* directo é aquele que apresenta uma relação directa entre a distância percorrida na superfície de aquisição gestual e o respectivo resultado sonoro. Nos instrumentos acústicos essa associação encontra-se estabelecida entre a fisicalidade acústica do excitador e material vibrante e respectivo resultado sonoro. Este tipo de *glissando* é o que se encontra na aplicação *Continuum Screenboard*, onde qualquer deslocação contínua na superfície de aquisição gestual tem uma correspondência directa com a altura do resultado sonoro, tal como mostra o Vídeo Anexo 18 (Figura 246). Neste caso, a lógica de obtenção do *vibrato* e do *glissando* é a mesma, mudando apenas o gesto do instrumentista (tal como se fosse uma corda de um violino).

[748] Situação diferente é a modulação sonora após excitação, com uma campânula ou com a mão, no caso dos metais; ou com uma ventoinha no caso do órgão e do vibrafone.

[749] Este facto não é, só por si, uma desvantagem, podendo ser considerado como um recurso expressivo.

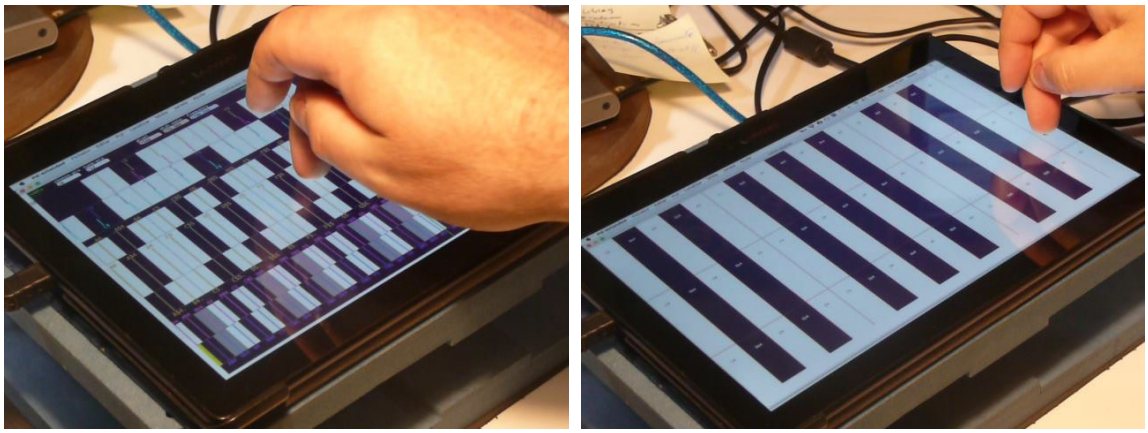


Figura 246. Fotogramas do Vídeo Anexo 18 e Vídeo Anexo 19.

Vídeo Anexo 18. *Glissando* directo na aplicação *Continuum Screenboard*.

Vídeo Anexo 19. *Glissandi* projectados no Instrumento Base no protótipo 5.

O *glissando* projectado resulta de uma parametrização entre dois pontos discretos da superfície de aquisição gestual em que o *glissando* somente é efectuado depois de alcançado o ponto de chegada. Para melhor compreender este *glissando*, observe-se Vídeo Anexo 19 (Figura 246). A superfície de aquisição gestual encontra-se dividida em três zonas do eixo Y, apesar de utilizarem a mesma escala cromática: (i) uma inferior, com saltos discretos de altura; (ii) uma intermédia, com um *glissando* projectado de 250ms; (iii) uma superior, com um glissando projectado de 1000ms. Os tempos indicados correspondem à duração temporal para a execução do *glissando* a partir do momento em que é accionado o ponto de chegada. Como é possível constatar – especialmente no caso do *glissando* projectado de 1000ms – existe um desfasamento entre o gesto e o resultado sonoro; mais contrastado quanto maior for a velocidade do gesto, uma vez que a concretização do *glissando* vai sempre respeitar o tempo previamente projectado.

Tendo em conta que no exemplo do Vídeo Anexo 19 (Figura 246) – e apesar de ter *glissandi* projectados – existem vários pontos intermédios que funcionam como pontos de partida e de chegada sucessivos numa escala cromática. Por essa razão, potenciada por intervalos de curta distância (1/2 tons) os resultados sonoros podem ser próximos de um *glissando* directo, especialmente se o *glissando* projectado for relativamente rápido (exemplo: 200ms) ou se o movimento gestual for muito gradual.

Para destacar o comportamento sonoro do *glissando* projectado, o Vídeo Anexo 20 (Figura 247) exibe diferentes escalas com diferentes tamanhos de oitava (salientados a verde) na superfície de aquisição gestual: (1) escala cromática (zona de baixo, com tessitura de C4-F5), (2) escala diatónica de dó (zona do meio, com tessitura de C4-F6) e (3) escala pentatónica em dó (zona de cima, com tessitura de C4-E7). O *glissando*

projectado tem a duração de 1s (1000ms), de modo a salientar o processo de ajuste de altura.

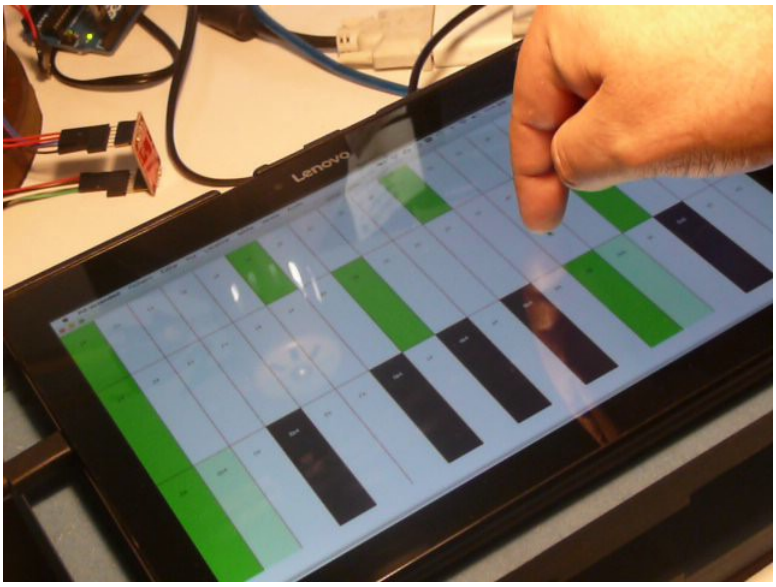


Figura 247. Fotograma do Vídeo Anexo 20.

Vídeo Anexo 20. Coexistência de escalas sem glissando e com glissando projectado de 1s.

Os resultados sonoros são esquematizados na Figura 248, onde coexistem mudanças de altura contínuas e discretas. É nas mudanças de zona, representadas pelas setas verticais, que se efectuam as maiores mudanças de altura, especialmente do lado direito da superfície de aquisição escalar, onde se acumulam os diferenciais de altura (no extremo esquerdo as três escalas começam na mesma nota, ou seja, C4). O destaque vai para a mudança assimétrica entre de baixo (escala cromática) e diatónica em dó (linha do meio): da primeira para a segunda existe *glissando* projectado de 1s (1000ms); da segunda para a primeira as mudanças de altura são discretas.

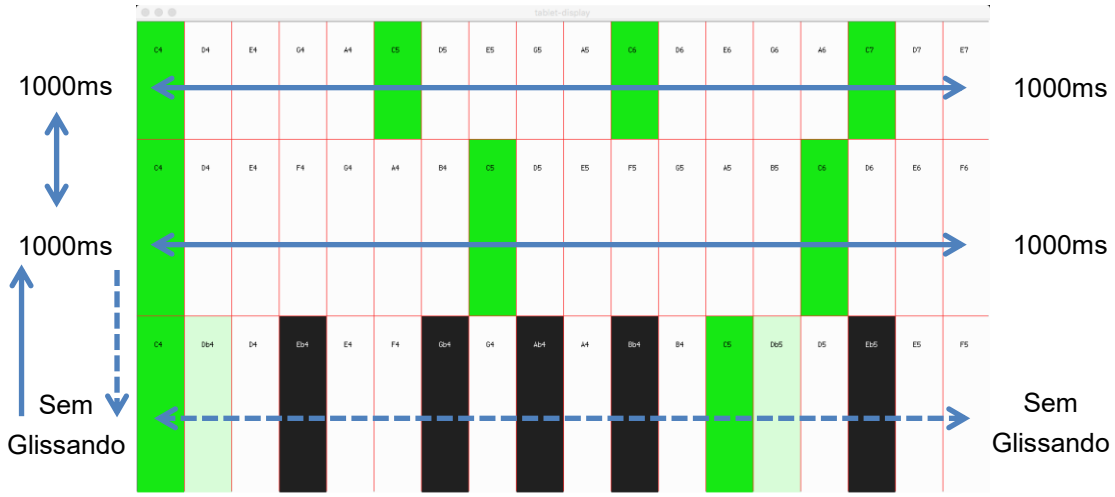


Figura 248. Esquema da coexistência de escalas sem *glissando* e com *glissando* projectado de 1s (1000ms).

As setas a cheio representam a existência de *glissando* entre mudanças de altura. As setas tracejadas significam mudanças discretas de altura.

Para demonstrar que a mudança de alturas do *glissando* projectado só se efectua depois de alcançado o ponto de chegada – e caso não haja alguma parametrização adicional para a obtenção de *vibrato* –, o Vídeo Anexo 21 (Figura 249) exibe a disposição assimétrica do Instrumento Base, onde uma nota discreta ocupa até seis segmentos horizontais (como a nota E da escala pentatónica, representada na linha superior da superfície de aquisição gestual). Deste modo, é perfeitamente observável a mudança de altura apenas na mudança de área discreta, permanecendo imutável dentro da mesma. De notar que, na verdade, este processo já tinha sido demonstrado na transição vertical entre escalas diferentes (Vídeo Anexo 20, Figura 247), sendo agora demonstrada na transição horizontal dentro da mesma escala (Vídeo Anexo 21, Figura 249).

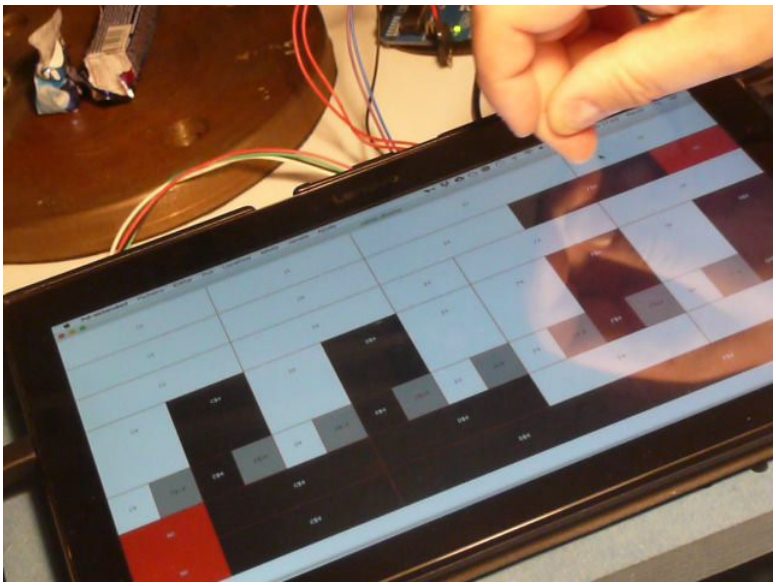


Figura 249. Fotograma do Vídeo Anexo 21.

Vídeo Anexo 21. Exemplificação de *glissandi* projectado a 433ms na disposição assimétrica do Instrumento Base.

A complexidade de um *glissando* numa corda acústica

Apesar de musicalmente um *glissando* numa corda acústica poder parecer simples e – de um certo modo – natural[750], na verdade a conjugação do tempo e da distância são deveras complexas: pode ser influenciada altura do intervalo, pela distância física percorrida na superfície de aquisição gestual, pela constância do movimento, pela inércia de aceleração e desaceleração dos movimentos, pela estética musical pretendida e até pelo posicionamento do instrumentista em relação ao instrumento (caso tenha influência em alguma variável anterior).

Em relação à altura intervalar e distância percorrida na superfície de aquisição gestual existe uma relação de correspondência, ou seja, quanto maior a distância percorrida, maior o intervalo correspondente. Contudo, tendo como base o exemplo de uma corda de um instrumento acústico, o coeficiente entre distância e altura vai-se alterando ao longo da corda. Para visualizar melhor essa situação, tome-se o exemplo da guitarra: a distância dos trastes vai diminuindo à medida que o comprimento da corda é encurtado, o que faz com que o mesmo o encurtamento da corda em sítios diferentes gere intervalos diferentes. Ou dito de outra maneira, o mesmo intervalo de altura necessita de encurtamentos de diferentes, de acordo com a zona da corda. Isto tudo

[750] No sentido de entendível, expectável, dentro de um cânone, dentro de uma estética.

porque a altura do som de uma corda resulta de proporções e não de distâncias físicas absolutas.

O modelo da variável tempo no glissando projectado

O *glissando* projectado, sendo uma especialidade desta implementação, tem uma variável independente e parametrizável: o seu tempo de execução. Isto significa que, mantendo todas as variáveis envolvidas (escalas e distâncias intervalares, distâncias físicas na superfície de aquisição gestual e gestualidade envolvida), o tempo de execução do *glissando* pode ser parametrizado de forma independente. Relembrando, pode ser parametrizado o tempo que o *glissando* demora a ser executado depois de accionado o ponto de chegada na superfície de aquisição gestual.

Para responder à questão do tempo em conjugação com outras variáveis, vai ser apresentado um modelo que servirá de base a um conjunto de simulações (Figura 250). Mas antes de prosseguir, convém perceber o que está envolvido num *glissando*. Pegando no exemplo de uma corda – e considerando sempre o princípio e o fim da acção –, há que ter em consideração o seguinte: (1) a distância física percorrida, (2) o intervalo de altura percorrido, (3) o tempo gasto no percurso (velocidade média) e (4) se a velocidade da acção foi constante.

Para tornar mais evidente a variável tempo no *glissando* projectado, no modelo apresentado o tempo gasto e a distância física da superfície de aquisição gestual vão ser constantes, ou seja, um segundo por cada mudança de altura-tecla (ou manutenção, caso seja a mesma). Para ilustrar este o modelo, vai ser feita a seguinte analogia: (i) o teclado da Figura 250 é deveras especial, e a sequência das notas é uma espécie de melodia pré-determinada que se toca da esquerda para a direita, sendo todas as teclas sem relevo e com a mesma largura, e sendo a cor das notas alteradas apenas uma referência visual; (ii) essas teclas são tocadas por um "dedo mecânico" que se move, da esquerda para a direita, sempre com uma velocidade constante de uma tecla por segundo; (iii) o ponto de partida físico é o meio da tecla mais à esquerda, sendo cada segundo coincidente com o meio das teclas seguintes.

Em relação à sequência de notas do modelo, o rácio distância-altura é artificial e independente das leis da acústica, ou seja, a superfície de aquisição gestual segue uma lógica espacial artificial, sem correspondência com as alturas geradas (no fundo é o que acontece no teclado padrão, embora este último tenha outra sequencialidade de alturas). Assim, tomando como exemplo a representação do teclado, a mesma distância espacial na superfície de aquisição gestual pode representar diferentes intervalos, de acordo com a escala representada. Por isso, no modelo apresentado, a distância física da superfície de aquisição gestual entre cada altura é constante, de modo a eliminar (1) quer a relação natural entre distância-altura dos sistemas acústicos (2) quer as diferentes distâncias das

escalas representada numa superfície de aquisição gestual discreta[751]. Por outras palavras, as distâncias da superfície de aquisição gestual são constantes, quaisquer que sejam as notas da escala utilizada.

Em suma, para determinar o modelo foram eliminadas diferentes variáveis até obter apenas o seguinte:

- Velocidade constante entre o início e o final do *glissando* (rácio distância física / tempo), ou seja, uma mudança de nota por segundo;
- Distância física constante entre cada altura, como se fosse um teclado *ad hoc* com a sequência ⎨lá, si, dó#, mi, lá^{8va}, fá#, mi, mi, mi, lá#, lá#, lá, lá⎬;
- No gráfico, as distâncias verticais de altura são visualmente proporcionais.

Aplicação do modelo

Retomando a ideia inicial desta subsecção, existe uma diferença entre *glissando* directo e *glissando* projectado. E, como já foi referido, enquanto que o *glissando* directo se processa de forma análoga à distância percorrida entre o ponto de partida e chegada; o *glissando* projectado só se inicia quando é atingida a fronteira da zona discreta da zona de chegada.

Passando directamente à explicação da Figura 250, o gráfico "glissando directo" representa a variação da altura deste tipo de um *glissando*. Como pode ser observado, a rampa do *glissando* directo é proporcional à distância de altura percorrida e o seu início e fim dá-se exactamente no ponto central da área discreta, que coincide com a marcação temporal. Se (1) o início e fim do *glissando* acontece precisamente no centro da área e (2) a distância temporal entre dois centros contíguos é de um segundo; então a fronteira das áreas discretas dá-se exactamente ao 1/2 segundo (assinalada na linha temporal a tracejado). Consequentemente, o gráfico apresenta divisões de 1/4 de segundo que corresponde, pela lógica exposta, a 1/4 de área discreta.

Tendo em conta que a deslocação do "dedo mecânico" é constante, a altura do som apenas permanece no ponto de chegada uma fracção ínfima de tempo, uma vez que esse ponto é, também, ponto de partida para a próxima nota. Esta linha de *glissando* directo servirá de referência comparativa aos *glissandi* projectados.

---

[751] De recordar que a implementação instrumental base inclui diferentes escalas assimétricas: diatónicas (tonais e modais) e pentatónicas (com várias inversões). Além disso, e muito importante, como a implementação prevê a possibilidade de 8 escalas em simultâneo nas 8 linhas de divisão máxima de tecla, é de prever saltos de altura que variam entre o 1/4 de tom e várias oitavas.

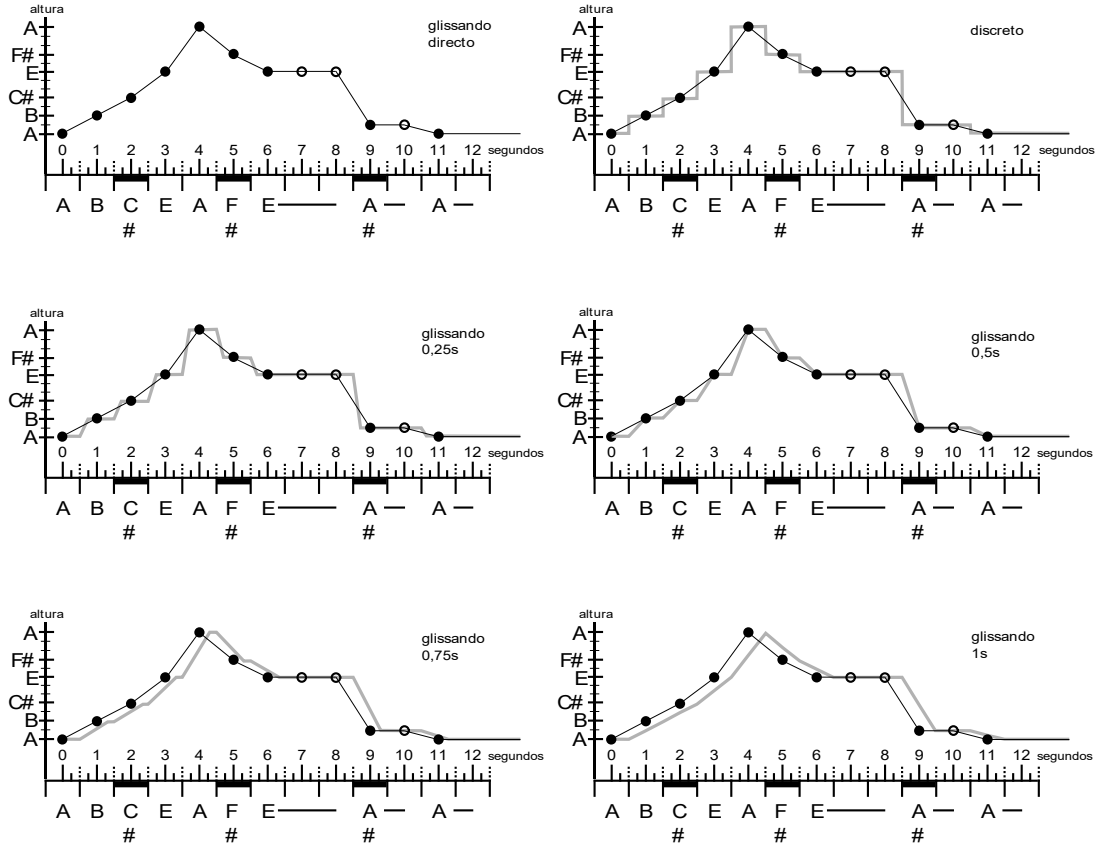


Figura 250. Comparação de *glissando* directo com *glissandi* projectados.

A linha a preto indica *glissando* directo; círculo preto indica a altura do centro do segmento; círculo branco indica que se mantém a altura; traço cinzento indica o percurso do *glissando* projectado.

Mudanças discretas

O gráfico "discreto" (em cima à direita) acrescenta à linha de referência contínua uma linha constituída por mudanças de alturas completamente discretas (a cinza). Estas só se operam depois de ultrapassada a fronteira das áreas discretas de altura, ou seja, em cada 2ª metade de cada segundo (e. g. 0.5s, 1.5s, 2.5s, 3.5s, etc.). Isso significa que, caso houvesse pequenas oscilações dentro da mesma área discreta de altura, não teriam significado algum na mudança de altura[752/753]. Tirando o ponto de partida (que começa

[752] Caso não haja alguma uma função de *vibrato* complementar como o *micro-pitch* do Instrumento Base do protótipo 4, uma vez que o mecanismo de aquisição gestual é sensível ao espaço contíguo da zona de interacção, tal como foi descrito no tópico "Versão semi-contínua" (p. 297).

[753] E como demonstrado no Vídeo Anexo 21 (Figura 249, p. 426).

no meio da área da área discreta de altura), a permanência em cada altura contígua não repetida é de 1 segundo.

Análise dos glissandi projectados

O gráfico "glissando 0.25s" (segunda linha à esquerda) mostra um *glissando* de 0.25 segundos a partir do momento em que ultrapassa a fronteira da nova área discreta. Como o tempo de *glissando* é sempre o mesmo, a mudanças de diferentes alturas correspondem diferentes inclinações da rampa de *glissando*. Uma vez que uma parte do tempo que é gasta no *glissando* (0.25s), a altura de chegada permanece estática 0.75 segundos (1s – 0.25s = 0.75s). A mesma lógica repete-se nos gráficos "glissando 0.5s" e "glissando 0.75", onde as rampas de *glissando* se tornam menos acentuadas à custa da diminuição do tempo de permanência em altura estática (0.5 segundos e 0.25 segundos, respectivamente).

O gráfico "glissando 1s" mostra o tempo de *glissando* com uma duração idêntica à mudança discreta de altura. Isso significa que, (i) tirando o ponto de partida e (ii) as notas com duração de dois ou mais segundos, os *glissandi* projectados tornaram-se ininterruptos, uma vez que quando o *glissando* chega à altura de chegada, torna-se ponto de partida para a área discreta seguinte. A linha formada é semelhante à do *glissando* directo, mas com um desfasamento (atraso) de 0.5 segundos.

Contudo, há uma diferença assinalável entes dois *glissandi*, já anteriormente apontada: caso houvesse pequenas oscilações dentro da mesma unidade discreta, o *glissando* directo iria espelhá-las em oscilações de altura, uma vez o rastreamento da área física é contínuo; pelo contrário, o *glissando* projectado não toma em conta essas oscilações, uma vez que somente se torna activo quando há mudança de área discreta.

Glissando desfasado

Há uma questão que se coloca em torno do desfasamento do *glissando* em relação à acção gestual: poderia este ser considerado como uma categoria, à semelhança dos *glissando* directo e do *glissando* projectado? Ou apenas uma subcategoria ou característica dos outros *glissandi*?

A resposta é ambivalente e depende do critério daquilo que se pretende categorizar. Há argumentos para considerá-lo mais como uma característica ou subcategoria. O primeiro é a falta de uma fronteira para algo ser considerado desfasado: (i) pode ser temporalmente tão pequeno que, apesar de existir, não faria sentido classificá-lo como tal, devido a não ser auditivamente perceptível (e. g. 50ms); (ii) em termos de programação informática ter sido utilizado para evitar saltos bruscos e

indesejados de altura[754]. Contudo há outro argumento mais vinculativo: na verdade, todos os *glissandi* projectados são obrigatoriamente desfasados, uma vez que somente depois de atingido o ponto de chegada é espoletada a rampa de alturas. Logicamente esse fenómeno é mais claro com intervalos de altura significativos e/ou quando a superfície de aquisição gestual do *hardware* é sensível à gestualidade em matrizes discretamente bem definidas – como é o caso do *protótipo 4*.

O que foi dito anteriormente aplica-se ao modo de aquisição gestual, embora o resultado sonoro possa ser idêntico com diferentes parametrizações. Assim, e pegando no exemplo do *glissando* projectado com uma rampa de alturas de 1s (último exemplo da Figura 250), o resultado sonoro é exactamente igual ao *glissando* directo mas desfasado em 0.5s. Por esta lógica, aplicando um desfasamento de 0.5s ao *glissando* directo, este seria, no modelo apresentado, exactamente igual ao *glissando* projectado com uma rampa de altura de 1s.

Em suma – apesar de auditivamente o desfasamento do *glissando* ser um aspecto bastante perceptível em termos de resultado sonoro – foi considerado como uma subcategoria dos *glissandi* directo e projectado, tendo em conta que foi dada primazia o modo de aquisição gestual e respectiva parametrização sonora e tal como se encontra esquematizado na Figura 251.

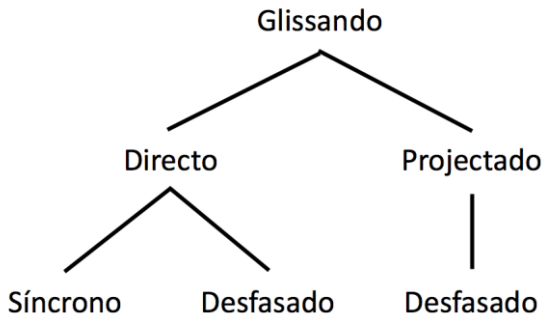


Figura 251. Esquematização dos *glissandi* directo e projectado.

[754] No *Continnum Screenboard* do protótipo 5, nos *glissandi* entre intervalos afastados, é aplicada uma atenuação temporal (e. g. entre 50 a 200ms) para evitar para evitar efeitos indesejados ("glitch" de altura). O mesmo se aplica à intensidade, onde uma atenuação temporal de 20ms – no fundo um desfasamento da rampa de valores – evita "picos" sonoros ("glitch" de intensidade). De notar que, em ambos os casos, são aspectos técnicos relacionados com o próprio *hardware* e *software*, alheios ao utilizador final leigo no assunto.

7.2.2. Modulação da intensidade

A modulação da intensidade, ou seja, a sua variação contínua é sempre proporcional à pressão exercida, podendo ainda haver uma atenuação de variação, de acordo com o configurado na consola de modulação sonora (Figura 179, p. 346).

Porém, é possível gerar mudanças discretas de intensidade através da mudança de linhas do eixo Y, conforme o configurado na consola de modulação sonora (*idem*).

7.2.3. Modulação do timbre

É possível fazer modulação do timbre, ou seja, a sua variação contínua no eixo Y. Para tal, aplica-se uma transição entre diferentes linhas com diferentes osciladores. Caso sejam pretendidas mudanças discretas de timbres, aplica-se o atrás exposto excepto a atenuação de mudança. A mudança contínua de timbre pode ser observada no Vídeo Anexo 22 (30s-45s).

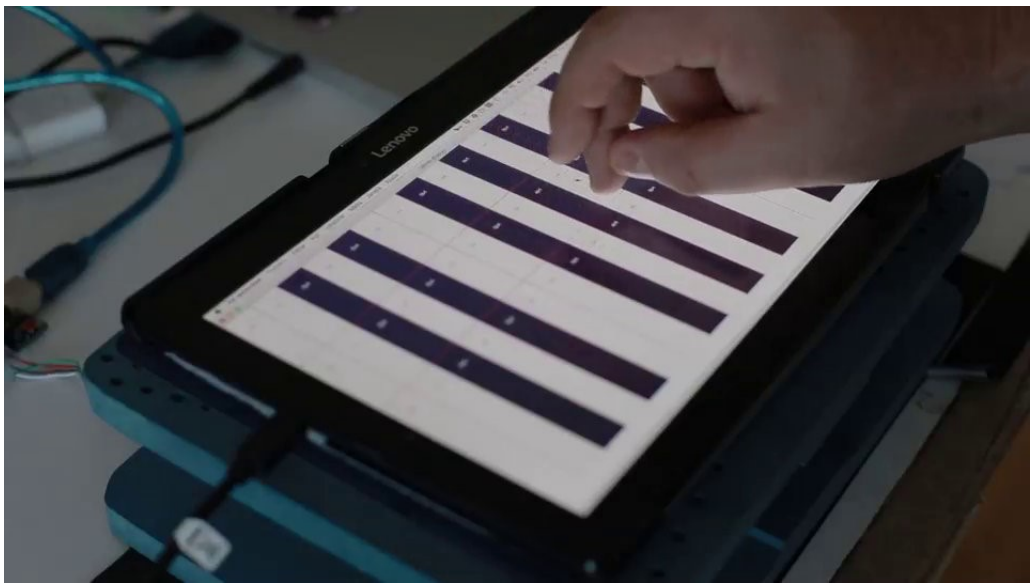


Figura 252. Fotograma de Vídeo Anexo 22.

Vídeo Anexo 22. Modulação conjunta do timbre, intensidade e micro-variação de altura.

7.2.4. Súmula dos resultados sonoros

Exposta a explicação dos resultados sonoros, o Quadro 14 resume as suas principais combinações.

Deve ser referido que, no caso da intensidade, só há mudanças discretas (1) caso haja diferentes parametrizações de intensidade no eixo Y, podendo haver mudanças bruscas de intensidade; (2) no modo *random*, em que a intensidade é discretamente consignada.

Parâmetros	Acções Instrumentais	Protótipo 4 I. B. Analogic	Protótipo 5 I. B. Tablet	Protótipo 5 Continuum Screanboard
Altura	alturas contínuas	sim	sim	sim
	alturas discretas	sim	sim	não
	vibrato	sim	sim	sim
	glissando directo	não	sim	sim
	glissando projectado	sim	sim	não
Intensidade	contínua	sim	sim	sim
	discreta	sim*	sim*	não
Timbre	discreto	sim	sim	monotímbrico
	contínuo	sim	sim	monotímbrico
Conjugação Contínua	altura + intensidade	sim	sim	sim
	altura + timbre	sim	sim	monotímbrico
	intensidade + timbre	sim	sim	monotímbrico
	altura + intens. + timbre	sim	sim	monotímbrico

Quadro 14. Quadro resumo dos resultados sonoros.

I. B. = Instrumento Base; *possível se (1) intensidades discretas em modo *random* e (2) mudanças de eixo Y com diferentes parametrizações de intensidade.

7.3. IDIOSSINCRASIAS DO HARDWARE

São as peculiares do *hardware* que merecem ser reflectidas, podendo ser compreendidas com diferentes atitudes: de forma positiva, caso sejam entendidas como elementos de singularidade; de forma negativa caso sejam entendidas como limitações ou controlo desadequado.

7.3.1. Protótipo 4

A superfície de aquisição gestual do *protótipo 4* é, toda ela, um exemplo paradigmático de um dispositivo artesanal em que os seus materiais e construção exibem comportamentos algo instáveis, desiguais e, dentro de um certo âmbito, imprevisíveis e de difícil controlo.

Todos estes epítetos poderiam ser aplicados ao violino ou ao clarinete quando alguém, sem experiência musical e sem noção da complexidade dos instrumentos musicais, tentasse tocar a mais simples das melodias.

Contudo, o grande problema do *protótipo 4* é a desigualdade da resistência eléctrica captada nos diferentes terminais de ambos os eixos. Na verdade, sendo um

dispositivo destinado a produzir variações contínuas e subtis de condutividade, a sua construção artesanal não garante a homogeneidade dessa tarefa: diferentes esticamentos do encordoamento condutor, variações de espessura da gelatina, deposição irregular da gelatina[755], variação do composto da gelatina, degradação dos cabos condutores, enfim, uma série de variáveis que dificultam uma calibração mais satisfatória[756]. De notar que todos os elementos apontados não constituem, quando isolados, nenhuma aberração estrutural. O problema é a acumulação de pequenas irregularidades que, no conjunto, podem fazer bastante diferença.

Por isso, ao contrário dos instrumentos perfeitamente calibrados, os resultados para a mesma acção podem variar mais que o desejável. Contudo, o objectivo principal da implementação instrumental é experimental, funciona como prova de conceito e serviu de base para o desenvolvimento do *software*. E isso deve ser tido em consideração.

A parte positiva é que, para além da visualidade do conceito geral, a sensação de singularidade instrumental é real: a compressão e distensão da gelatina, bem como o tempo de reajuste físico reflecte-se no som produzido; os tempos de ataque e a gestão da pressão exercida dialogam com a superfície de contacto e retorno sonoro. Em suma: rapidamente se desiste de mimetizar o comportamento de algo que já se domina, para apreciar as subtilezas sonoras produzidas e explorar a gestualidade mais adequada.

Se isso é suficiente para ser considerado instrumentalmente válido, tendo em conta que há um mínimo de controlo assegurado, é o contexto musical que providenciará a resposta adequada.

7.3.2. Protótipo 5

Este protótipo beneficia de toda a calibração expectável em produtos electrónicos de grande escala. Tendo ou não as características desejáveis, o seu comportamento é estável e fiável.

A grande idiossincrasia deste dispositivo é a forma completamente contínua como adquire pressão, ou seja, para atingir um determinado valor tem que passar pelos seus

---

[755] Como a matéria é muito maneável e flexível, pode aparentar o mesmo esticamento global sem garantia de homogeneidade real. Mesmo uma colocação completamente vertical – mesmo que possível –, a ser perfeita, teria de ser efectuada preferencialmente sem qualquer reajuste posterior. No *protótipo 3* esse problema era mitigado, uma vez que a gelatina aplicava-se derretida, ou seja, líquida. Mas como foi necessário aplicar várias camadas no *protótipo 4*, o processo de molde único revelou-se inviável.

[756] Para além de eventuais variações resultantes da área (forma rectangular com determinada medida) e posicionamento dos terminais (diferenças resultantes do posicionamento de uns em relação aos outros e em conjugação com a área).

intermédios. Logicamente é possível parametrizar pontos de passagem para extracção contrastada de intensidades.

Contudo, o ponto forte não é esse, uma vez que a célula de carga tem uma inércia própria: quanto mais elevados os valores de pressão, maior é o tempo de retorno ao estado de repouso. Além disso, a inércia total do sistema inclui o peso do *tablet* e da plataforma que o sustenta.

Por isso, e apesar da analogia visual de teclado, a aquisição de pressão é radicalmente diferente: um sensor de pressão para todo o dispositivo instrumental (em vez de um ou mais sensores para cada tecla/segmento) e alguma lentidão em repetir ataques a partir do ponto de repouso (não se trata de um mecanismo de alavancas, como num teclado físico).

A parte positiva, para além da visualidade do conceito geral, revela-se na capacidade de modulação da intensidade a partir de qualquer ponto intermédio, ou seja, qualquer que seja a intensidade dentro do limite máximo de pressão admissível, ela pode ser manipulada livremente – dentro do comportamento do próprio mecanismo. Isto significa que a superfície de aquisição gestual não necessita de retornar a um determinado ponto para nova medição, comportando-se como roda de modulação (mola, vara, ou outro sistema) que adquire valores e posições de forma contínua (excepto se ultrapassados os limites).

Acresce o excelente rácio entre referenciação-rastreamento visual próprio de um ecrã táctil: sejam imagens fixas ou em movimento; fotografias, desenhos ou gráficos; números, letras ou símbolos; formas, preenchimentos e cores; enfim, tudo o que pode ser mostrado no ecrã pode ser tocável e parametrizável. Em suma: a imagem luz que se torna tangível; ou o tangível se torna luminoso.

Outra vantagem, falando apenas em termos da implementação de *hardware*, é a possibilidade de expansão, catalisada pela fiabilidade, simplicidade e baixo custo final do *protótipo 5*. À plataforma criada, podem ser acoplados ecrãs com mais capacidade táctil, a possibilidade de parametrizar vários pontos em simultâneo, a junção de microfones de contacto (para aquisição quase instantânea do impacto gestual na superfície de aquisição gestual), outros sensores de aquisição de dados, enfim, aquilo estiver disponível e seja considerado, no futuro, uma mais valia no desenvolvimento instrumental.

O problema da posição fantasma no protótipo

O *protótipo 5* apresentou um problema importante, designado doravante por posição fantasma, resumindo-se ao seguinte: quando se toca no ecrã em dois pontos diferentes de forma sequencial, antes de adquirir o posicionamento do segundo ponto vai adquirir

novamente o ponto anterior, ainda que de forma muito rápida e passageira[757]. Já o arrastar do dedo ao longo do ecrã não apresenta esse problema.

A origem deste problema não foi completamente despistada[758] mas, em princípio, parece derivar do *software* de ligação entre o *tablet* (utilizado como ecrã de extensão) e o computador central. No futuro poder-se-á despistar este problema utilizando o mesmo sistema operativo no ecrã táctil e no *patch* da aplicação instrumental.

Por uma questão prática, resolveu-se intermediar a parte visual dos dois sistemas operativos através de aplicações comerciais. A primeira solução foi, durante os primeiros testes, a aplicação *iDisplay*[759], que comunica exclusivamente entre *MacOS* e *Android* através de *WiFi*. Contudo, para além de alguma latência, esta solução revelou-se muito pouco fiável, havendo muitas quebras de comunicação. Não apresentou o problema da posição fantasma mas, em contrapartida, o início do rastreamento de um novo ponto apresenta um intervalo temporal importante.

A segunda solução foi a aplicação *Twomon PC Program*[760], na sua versão USB. O rastreamento é rápido e a ligação robusta, sem quebras. Contudo, apresenta o problema acima referido. A única forma de contornar este problema é tocar no *tablet* sem descolar o dedo da superfície, sempre de forma deslizante. Esta técnica peculiar acarreta algumas limitações, ainda que não comprometa a demonstração instrumental dos conceitos apresentados nos vídeos anexos.

7.3.3. O futuro imediato do protótipo 4 e do protótipo 5

De relembrar que, no caso do *protótipo 4,* a escolha de um ecrã sem capacidade táctil com alimentação USB resultou da necessidade de utilizar um dispositivo visual com dimensões consideráveis mas suficientemente fino para encaixar no suporte do dispositivo. Na altura, a capacidade táctil do ecrã não entrava nas contas, uma vez que essa aquisição seria feita através do sistema de matriz da gelatina[761]. Tendo em conta a especificidade do sistema de aquisição da gelatina, não se afigura uma mudança imediata de paradigma.

Em relação ao *protótipo 5*, a tecnologia evoluiu de uma maneira que (i) tanto se pode implementar o *software* de forma a correr apenas no *tablet*; como (ii) acoplar um

---

[757] Perceptível por envolver som.

[758] Aplicando o princípio da solidariedade prática.

[759] https://getidisplay.com/

[760] http://www.easynlight.com/en/twomonusb/

[761] Os monitores comerciais com ligação USB surgiram por volta de 2013.

ecrã táctil com ligação USB ao computador central, partilhando o mesmo sistema operativo.

Nenhuma das soluções impede a outra, se bem que, no caso da primeira opção, a transferência de código para outra linguagem de programação requeira um trabalho adicional algo inibidor.

Em relação à segunda opção, o *hardware* encontra-se disponível sem necessidade de grande investimentos: desde finais de 2017 que já se encontram ecrãs com essas características[762], pelo que esta solução seria uma boa opção para um sistema centralizado num único sistema operativo. Assim sendo, nenhuma linha de código adicional seria necessária (exceptuando ajustes de resolução), traria mais economia de processamento e diminuição de latência. Além disso, abriria caminho à utilização generalizada de ecrãs com dimensões entre 13.3 e 15.6 polegadas[763], podendo beneficiar a utilização gestual.

7.4. ESTUDO VISUAL COMPARATIVO

São vários os parâmetros com possibilidade de comparação dentro dos aspectos tácteis e visuais, sendo estes últimos mais objectivamente comparáveis, uma vez que podem ser aferidos sem contacto físico, eliminando as idiossincrasias fisiológicas do utilizador.

Porém, mesmos os aspectos visuais são constituídos por vários parâmetros como as dimensões, proporções, conteúdo semântico, simbologia e cores – apenas referindo aqueles que foram trabalhados nas implementações instrumentais.

Graus de flexibilidade visual

Em termos visuais, é a flexibilidade visual que importa destacar, procurando estabelecer uma hierarquia entre o menos e o mais flexível. O Quadro 15 compara os resultados alcançados com os principais dispositivos com expressão 3D.

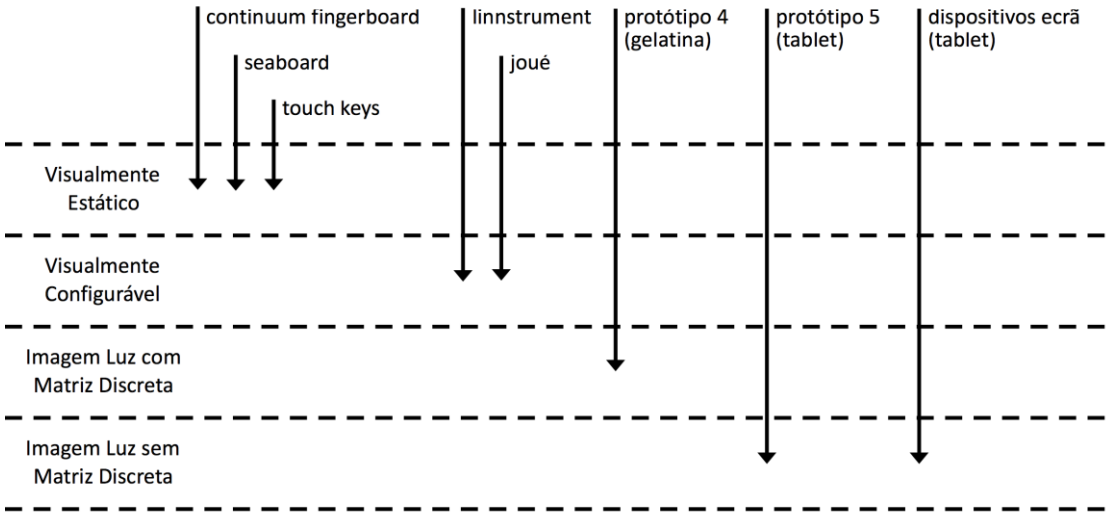
Em termos visuais, o *protótipo 4* atingiu a máxima flexibilidade visual dentro dos dispositivos sem interacção directa em ecrã. Assim sendo, e beneficiando de todo o pormenor visual de imagem luz de ecrã, a interacção neste protótipo, apesar se enquadrar dentro do conceito *cmXYZ*, encontra-se adstrita à matriz de 18x8y.

Em relação ao protótipo 5, sendo a interacção feita no próprio ecrã, apresenta a flexibilidade da imagem luz com uma resolução de rastreamento adstrita ao próprio ecrã. Neste caso, o limite do interacção cmXYZ depende apenas da excelência do

[762] https://www.gechic.com/en-portable-touch-monitor-onlap1303i-view.html

[763] Dimensões superiores à maioria dos *tablets.*

rastreamento do eixo Z, uma vez que, teoricamente, o limite de flexibilidade se encontra atingido[764].



Quadro 15. Esquema comparativo de flexibilidade visual.

[764] Excepto se forem incluídos outros paradigmas como a realidade aumentada, imagem 3D ou sistemas auxiliares de visão.

Capítulo 8 - Aplicações Complementares

Introdução e justificação

Este capítulo é simultaneamente uma continuação do trabalho realizado e uma antecipação de possíveis aplicações futuras. Todo o trabalho deste capítulo foi feito quase em simultâneo com o *Continuum Screenboard*, mesmo que aparentemente pareça pouco relacionado.

A sua inclusão deste capítulo prende-se com os seguinte: (1) o campo das aplicações futuras é um aspecto valorizado em ciência e tecnologia; (2) a filosofia da interacção proposta é aplicável a outras áreas e (3) o mapeamento dos dispositivos digitais pode ser arbitrário.

Em relação ao primeiro aspecto, na secção "9.5 - Trabalho Futuro" serão abordadas possíveis aplicações e evoluções da implementação. Contudo, sendo esse capítulo final – portanto mais virado para o resumo e confluência de ideias –, poderia fazer pouco sentido expor detalhadamente aplicações entretanto desenvolvidas. Acresce que, remetê-las para apêndice obrigaria a constantes saltos na exposição de ideias.

Em relação ao segundo aspecto, esta investigação – apesar da sua especificidade sonora e visual – é claramente multidisciplinar. Por isso, ao envolver várias áreas[765] e conciliar teoria e prática[766], a interacção aplicada aos protótipos apresentados é claramente interdisciplinar.

Em relação ao terceiro aspecto, e como consequência do que foi repetidamente dito, a arbitrariedade do mapeamento é uma das característica dos instrumentos digitais. Como tal, facilmente permite aproveitar o trabalho efectuado e experimentar novas combinações e pontos de vista. E foi isso que foi feito. Por essa razão, todas as aplicações aqui apresentadas correm em associação com a consola universal de aquisição de sinal, entretanto apresentada na Figura 232 (p. 405).

Por último, este capítulo tanto pode ser lido na íntegra como pode, em alternativa, ser consultado sempre que for referenciado mais adiante.

---

[765] Som, imagem e interacção.

[766] Conceitos, prototipagem e programação.

8.1. LEITOR ÁUDIO

Esta aplicação destina-se a manipular um ficheiro áudio utilizando, de forma multidimensional, os eixos XYZ. Aproveitando o *protótipo 5*, o referido ficheiro vai ser exibido graficamente, permitindo ver o seu aspecto gráfico geral, o posicionamento da reprodução e zonas de interacção.

Assim sendo, e tendo em conta os exemplos propostos (Figura 253, Vídeo Anexo 23, Vídeo Anexo 24), a aplicação permite manipular, de forma ***cmXYZ***, os seguintes aspectos:

Eixo X: sentido e velocidade de reprodução. Quanto mais para a direita, mais rápida a execução do avanço; quanto mais para a esquerda, mais rápida a execução em sentido inverso; a gradação contínua desses extremos encontra uma zona neutra, ou seja, sem velocidade e sentido de reprodução.

Eixo Y: reverberação e tamanho da sala. Quanto mais para baixo, menos reverberação (sem reverberação); quanto mais para cima, mais reverberação adicionada. Entre os extremos encontra-se uma zona com valores intermédios. A progressão de valores é linear e contínua.

Eixo Z: intensidade. Quanto mais pressão, mais intensidade (até ao valor máximo estabelecido); quanto menos pressão, menos intensidade. Caso não haja pressão, a reprodução fica sem som, ou seja, com intensidade 0[767]. Contudo, a velocidade e sentido (eixo X) e reverberação e tamanho de sala (eixo Y) continuam activos, o que significa que em caso de retorno de pressão ao mesmo ponto da superfície de aquisição gestual, vai encontrar esses parâmetros com o mesmo valor. A única coisa que muda[768], é o local de reprodução do ficheiro áudio: como a velocidade e sentido permaneceram activos, continuando a reprodução do ficheiro com esses valores (mas com intensidade 0), é altamente provável que o retorno da intensidade apanhe outro local da faixa áudio.

[767] Se assim for calibrado na consola universal de aquisição gestual.

[768] Excepto se o sentido e velocidade de reprodução for 0.

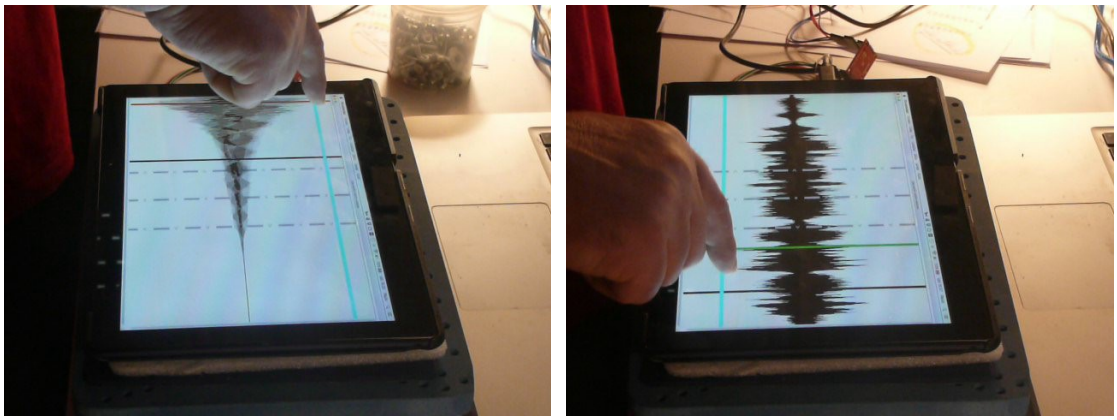


Figura 253. Fotogramas do Vídeo Anexo 23 e Vídeo Anexo 24.

Vídeo Anexo 23. Manipulação da gravação da nota dó.

Vídeo Anexo 24. Manipulação de um excerto áudio de “La Donna è Mobile”.

Analisando a superfície de aquisição gestual (Figura 254), ela exibe dois tipos de informação: (i) todo aquele relacionado com o posicionamento adquirido da interacção e (ii) todo aquele relacionado com o ficheiro de som propriamente dito.

O posicionamento do eixo X está representado pela linha vertical (Figura 254-1) e, tal como já foi dito, o seu posicionamento determina o sentido e velocidade de reprodução do ficheiro áudio. A sua cor exibe o volume sonoro da reprodução, de acordo com a pressão adquirida no eixo Z. Assim sendo, a variação cromática varia de forma contínua entre o verde-escuro (intensidade nula), verde-claro, amarelo, laranja e vermelho (intensidade máxima).

O posicionamento do eixo Y está representado pela linha horizontal azul-clara (Figura 254-2) e o seu posicionamento determina o nível de reverberação adicionado ao ficheiro.

O cruzamento dos eixos XY indica o posicionamento da interacção, ou seja, as linhas X e Y reposicionam-se continuamente de acordo com a interacção feita na superfície de aquisição gestual. O conjunto destas linhas têm dupla função conceptual: são simultaneamente “indicadores” e “accionadores” – independentemente da solução técnica que esteja por trás[769]. O utilizador serve-se delas como retorno visual das suas acções e, em simultâneo, como referências visuais que orientam a sua acção.

[769] Em termos de programação a exibição destas linhas tanto pode ser parametrizada como uma acção resultante de um posicionamento; como um posicionamento que determinará a acção; é apenas uma inversão da ordem de factores. Ambas as soluções apresentam, na óptica do utilizador, o mesmo aspecto e comportamento.

A superfície de aquisição gestual apresenta três linhas que referenciam a velocidade e sentido de reprodução (Figura 254-3-4-5). A linha tracejada mais à direita indica o posicionamento X correspondente à velocidade normal de reprodução áudio (Figura 254-3). Isto significa que, à direita dessa linha, a velocidade de reprodução é cada vez mais rápida, ou seja, quanto mais à direita, maior a velocidade de reprodução. Na Figura 254 o limite direito do ecrã foi configurado para 4 vezes a velocidade normal de reprodução.

A linha tracejada mais à esquerda (Figura 254-4) indica o simétrico da sua congénere direita, ou seja, indica a velocidade de reprodução 1 em sentido contrário (trás para a frente). Isto significa que, à esquerda dessa linha, a reprodução é cada vez mais rápida em sentido inverso, ou seja, quanto mais à esquerda, maior a velocidade de reprodução em sentido inverso. Na Figura 254 o limite esquerdo do ecrã foi configurado para 4 vezes a velocidade inversa de reprodução.

A linha tracejada ao centro (Figura 254-5) é a fronteira de mudança de sentido, sendo a velocidade de reprodução nula. As velocidades de reprodução das linhas direita e esquerda vão diminuindo de forma contínua à medida que se aproximam da linha central, numa proporção linear com a distância percorrida.

A superfície de aquisição gestual mostra o gráfico do ficheiro áudio importado[770] (Figura 254-6), servindo para mostrar o seu aspecto geral e, sobretudo, para servir de base referencial para a linha de reprodução (Figura 254-7). Esta linha indica no gráfico do ficheiro áudio o sítio onde decorre a sua reprodução. A sua velocidade e sentido dependem do posicionamento na linha X de interacção (Figura 254-1). Contudo, o seu movimento é autónomo, ou seja, parametrizado pela interacção (Figura 254-1), mas com lógica de *stand alone*. Isto significa que, caso se cesse a interacção, ela vai continuar indefinidamente o seu movimento em *loop* (a não ser que a linha do eixo X (Figura 254-1) seja coincidente com a linha de reprodução nula (Figura 254-5)).

[770] Caso seja um estéreo, os dois canais são sobrepostos, como é o caso do exemplo.

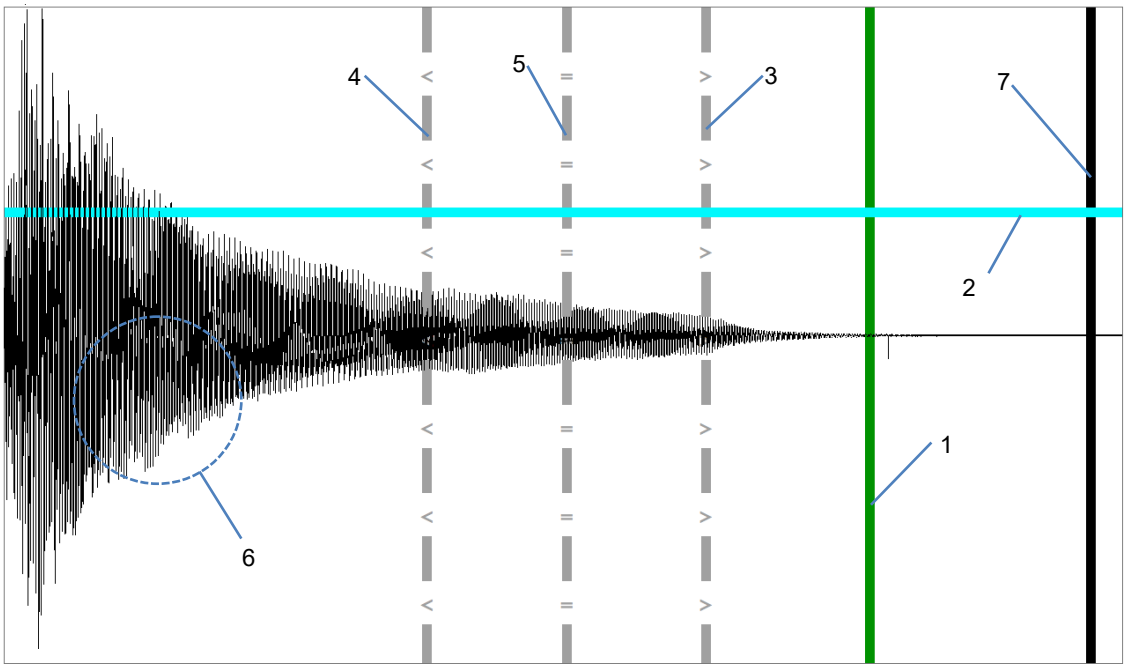


Figura 254. Interface da superfície de aquisição gestual “play”.

(1) Posição da interacção no eixo X. A coordenada XY posiciona-se no cruzamento com a linha de interacção do eixo Y. Nota importante: A sua cor varia conforme a intensidade do eixo Z, com uma gradação contínua de cores entre o verde-escuro (valor zero), verde-claro, amarelo, laranja e vermelho (valor máximo). Caso a intensidade seja o parâmetro escolhido para o eixo Z (como no caso do exemplo), acabará por funcionar como um indicador visual da mesma. (2) Posição interacção no eixo Y. A posição absoluta XY posiciona-se no cruzamento com a linha de interacção do eixo X. (3) Guia visual de reprodução normal 1x. Posicionamento configurável conforme opção feita na consola de controlo. (4) Guia visual de reprodução retrógrada 1x. Posicionamento configurável conforme opção feita na consola de controlo. (5) Guia que representa a velocidade de reprodução 0 (ponto morto), ou seja, nem para trás, nem para a frente. (6) Gráfico do ficheiro áudio em reprodução. (7) Posição de reprodução no ficheiro áudio.

Existe uma zona de suporte à aplicação, onde se encontra uma série de consolas destinadas a configurar o leitor, mostrar valores e realizar acções complementares (Figura 255).

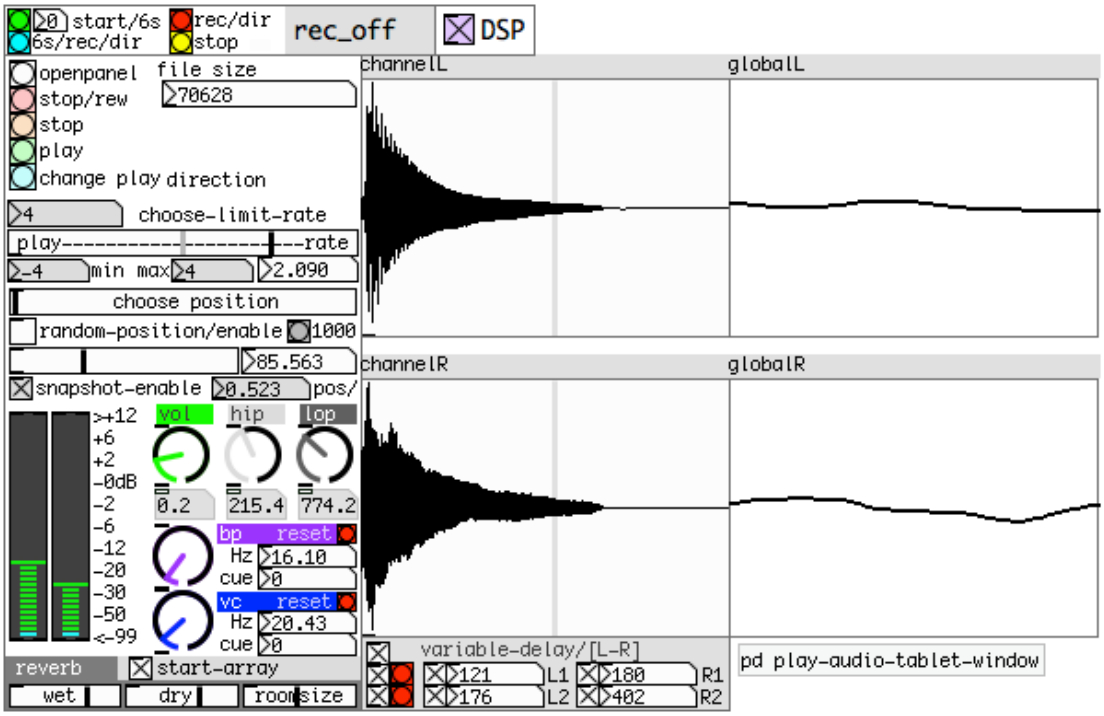


Figura 255. Aspecto geral da consola do leitor “Play”.

8.2. IMAGEM FIXA MULTICAMADA

Esta aplicação destina-se a manipular uma imagem fixa com várias camadas. A ideia original é, através de variação de pressão (eixo Z), aceder de forma contínua (gradual ou faseada) a várias versões da mesma imagem. Antes de prosseguir com a explicação convém clarificar este último conceito. Várias versões da mesma imagem pode significar coisas diferentes, ou seja, vários processos: (1) manipular uma única imagem; (2) usar imagens diferentes dando a sensação de manipular a mesma imagem e (3) uma mistura de ambas as situações. De notar que os resultados podem ser idênticos, embora os processos sejam diferentes.

O ponto de partida da aplicação, foi o uso do eixo Z aplicado ao processo (2), sendo as imagens base as que constam na Figura 256. As imagens foram construídas em benefício da transição entre elas, auxiliadas por um efeito de desvanecimento-revelação contínuos (eixo Z), dando a sensação de uma única imagem em transformação, como uma animação (consultar Figura 258, exemplo a). Por isso, o tamanho e contorno são constantes, apenas mudando o preenchimento.

A única excepção é a imagem de uma área branca[771] que funciona como uma "não imagem" ou, por outras palavras, uma imagem branca da mesma cor do fundo pré-definido. Todas as imagens têm fundo branco, tal como a tela base da superfície de aquisição gestual.

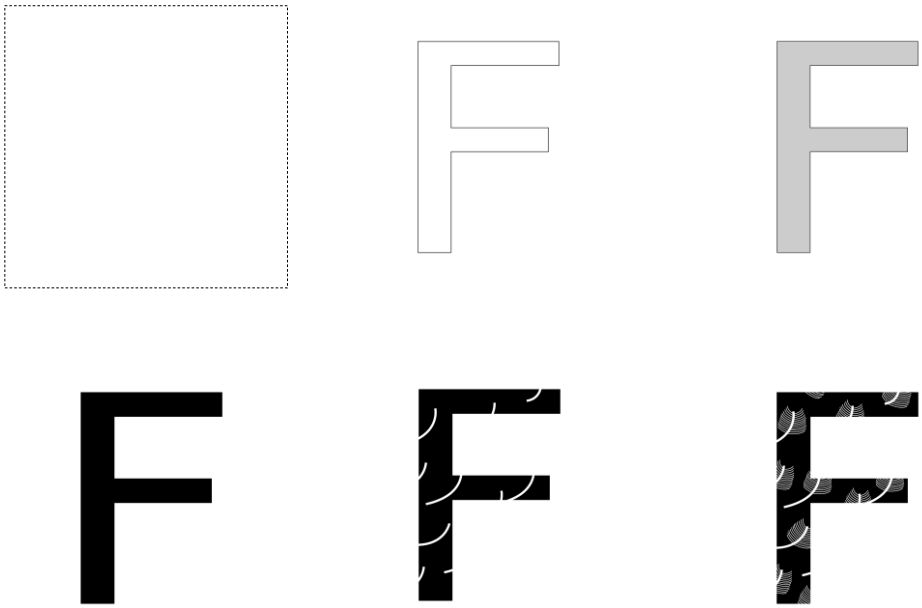


Figura 256. Imagens base da implementação multi-camada.

Pegando apenas na imagem "F" a cheio – aplicando o processo (1) –, outro tipo de manipulação XY foi aplicado na superfície de aquisição gestual, tal como esquematizada na Figura 257:

- Eixo X: rotação horizontal da imagem "F" (Oeste – Este);
- Eixo Y: rotação vertical da imagem "F" (Norte – Sul);
- Eixos XY: rotações horizontal-vertical (Noroeste, Nordeste, Sudoeste e Sudeste).
- A transição entre as posições dos extremos é feita de forma contínua, como se de um movimento se tratasse.

[771] Na Figura 256 surge, por razões esquemáticas, com um rebordo a tracejado.

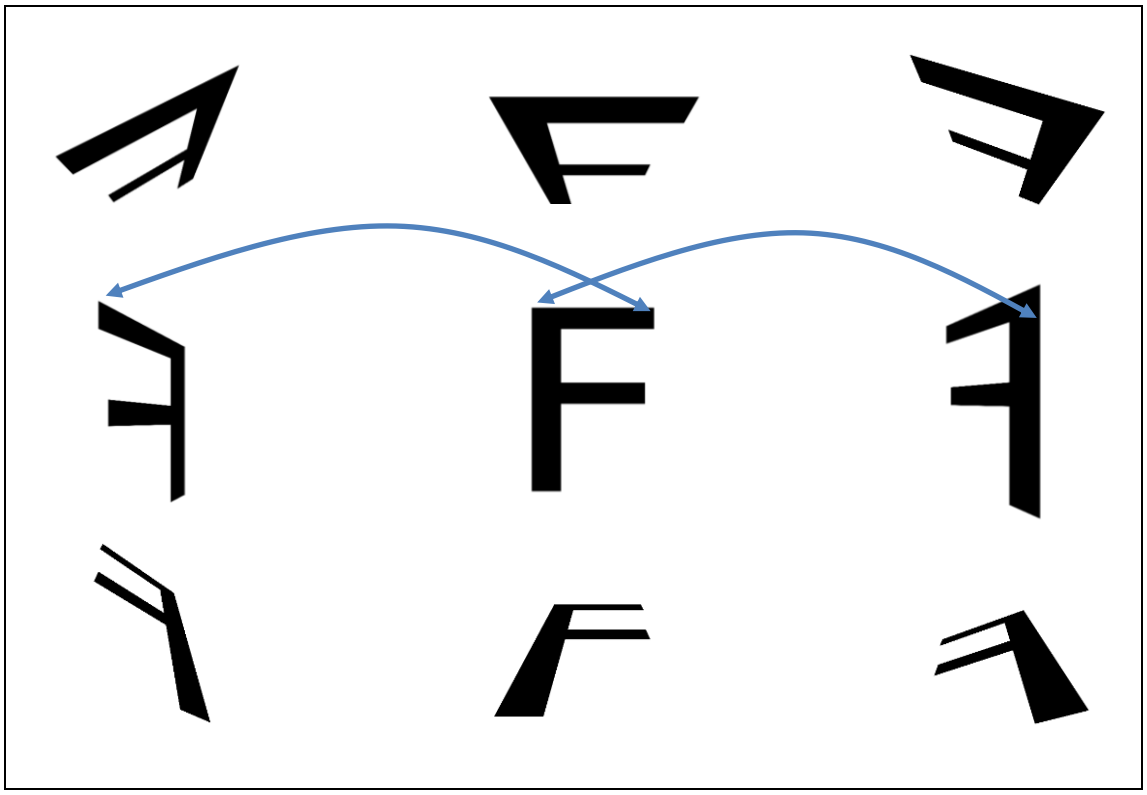


Figura 257. Transformação dos eixos XY.

Por fim a manipulação XY da Figura 257 pode ser conjugada com a manipulação do eixo Z, gerando uma manipulação *cmXYZ*. A manipulação do eixo Z foi feita de duas diferentes maneiras, tal como esquematizado na Figura 258:

a) Transição das diferentes imagens "F", ou seja, diferentes camadas de uma imagem. Neste caso, o processo de modulação é misto, atrás descrito como processo (3);

b) Modulação do tamanho de uma imagem "F", ou seja, apenas como uma imagem. Neste caso, correspondente ao processo (1).

De notar que poder-se-ia ter juntado os dois processos, ou seja, a modulação de tamanho com transição das diferentes imagens "F". Contudo, por uma questão de clareza expositiva, achou-se melhor manter apenas as versões separadas (Figura 259, Vídeo Anexo 25, Vídeo Anexo 26).

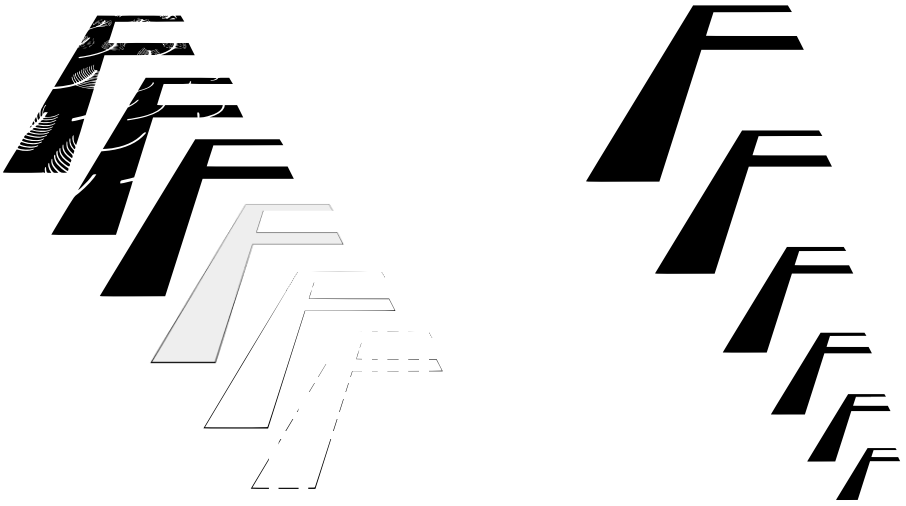


Figura 258. Acção exercida pelo eixo Z: (a) imagem constituída por diferentes camadas e (b) diferentes tamanhos da mesma imagem.

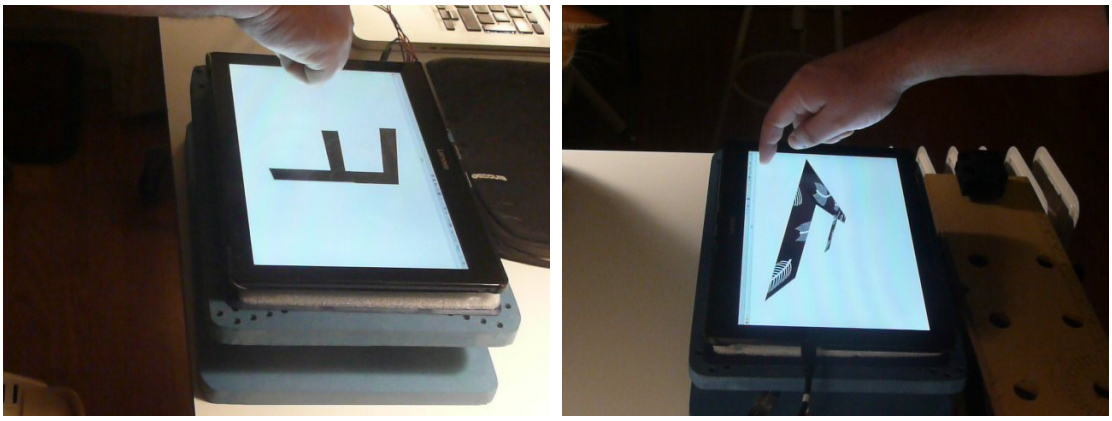


Figura 259. Fotogramas dos Vídeo Anexo 25 e Vídeo Anexo 26.

Vídeo Anexo 25. Acção tridimensional *cmXYZ* em imagem fixa: multicamada no eixo Z.

Vídeo Anexo 26. Acção tridimensional *cmXYZ* em imagem fixa: tamanho no eixo Z.

8.3. PÍXEL TINTA

Esta aplicação destina-se a desenhar, na superfície de aquisição gestual, uma linha de espessura variável, de acordo com a pressão aplicada ao eixo Z. Esta linha é, na verdade, uma acumulação temporal de círculos de vários tamanhos. Contudo, essa acumulação, associada ao movimento gestual, vai gerar, por sua vez, o entendimento da tal linha de espessura variável (Figura 260, Vídeo Anexo 27).

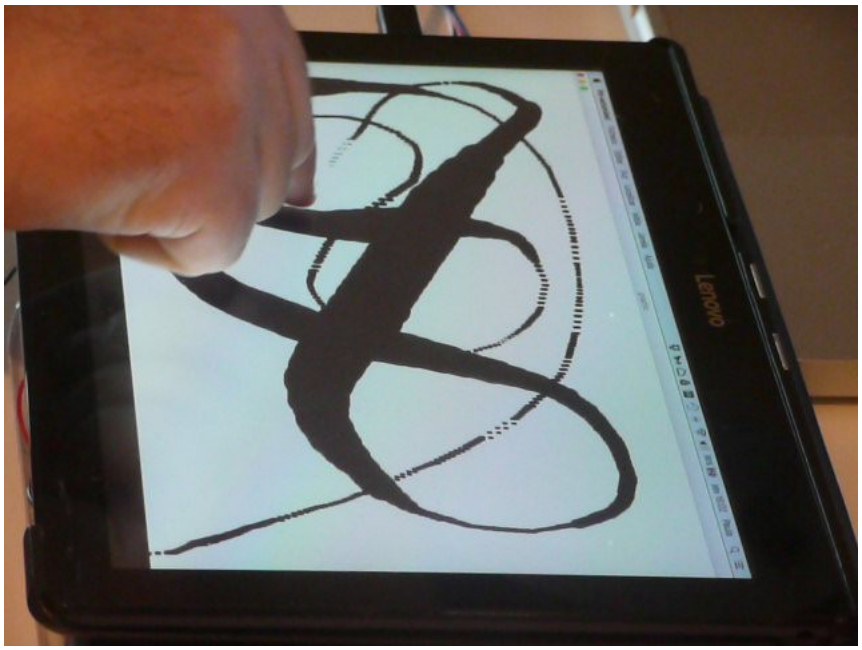


Figura 260. Fotograma do Vídeo Anexo 27.

Vídeo Anexo 27. Desenho com espessura variável.

Ao contrário da aplicação "Imagem fixa multicamada" do subcapítulo anterior, a imagem é completamente gerada por parâmetros do próprio *patch*, e não por imagens externas. No canto inferior esquerdo da Figura 261 estão os objectos *Pure Data* para desenhar e posicionar figuras geométricas[772]. Mas, o mais interessante desta explicação[773], é perceber a modularidade da programação, nomeadamente o aproveitamento dos terminais de dados relativos aos eixos XYZ:

- Eixo X: [r demux2] para os mecanismos *analogic* e *random*; [r x-position-correction] para o mecanismo *tablet* (Figura 261, seta X);
- Eixo Y: [r Yselect] para os mecanismos *analogic* e *random*; [r y-position-correction] para o mecanismo *tablet* (Figura 261, seta Y);
- Eixo Z: [r final-signal_selected] para todos os mecanismos: *analogic*, *random* e *tablet* (Figura 261, seta Z).

[772] [append g1 x y q c] [struct g1 float x float y float q float c] [filledpolygon 1 c q 1 1 1 1 1]

[773] Mantendo a tónica na ideia-resultado; e não na explicação técnica dependente do conhecimento da linguagem de programação.

Todos os dados da interacção transitam da consola universal de aquisição de sinal (Figura 232, p. 405) e, como é lógico, os mesmos permitem várias utilizações.

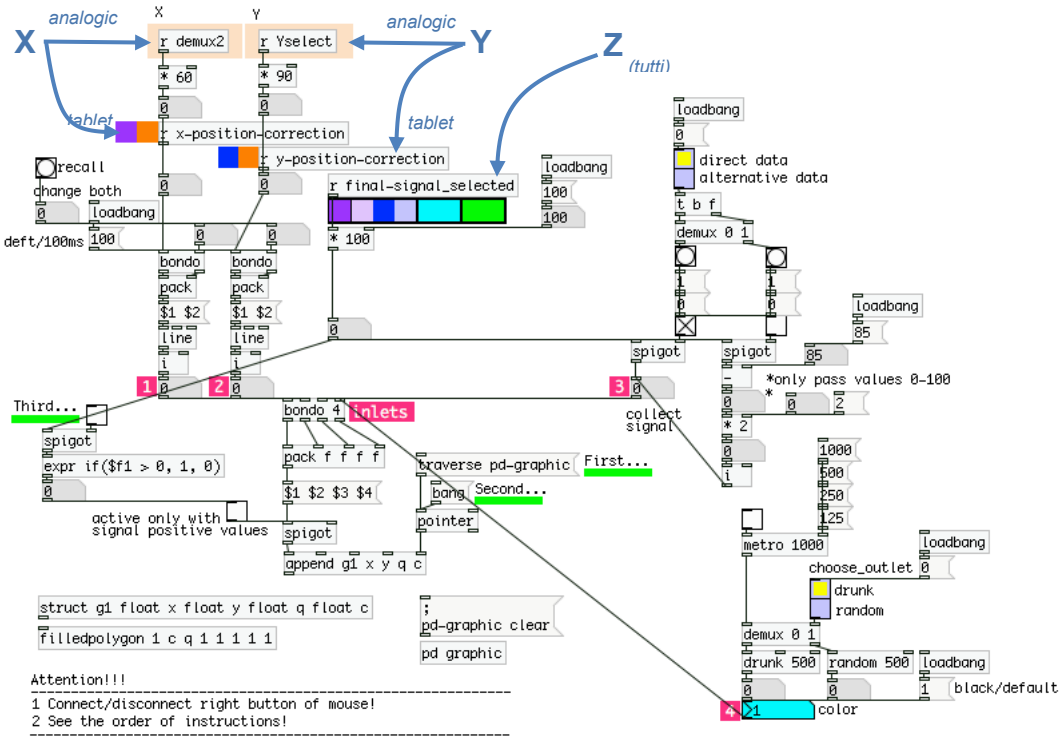


Figura 261. Aspecto geral do *patch*.

A peculariedade do modo random

O modo *random* surgiu como um simulador e máquina de testes durante o desenvolvimento do *Instrumento Base*. Contudo, para além dessa utilidade muito pragmática, não raras vezes os seus resultados surpreenderam pela positiva. Foi por essa razão que permaneceu na consola universal de aquisição gestual e tantas vezes usada na experimentação de novos *patches*. A Figura 262 mostra os resultados da geração aleatória de círculos, os mesmos que foram utilizados para formar as linhas de espessura variável da Figura 260. A diferença foi a introdução de diversas cores para contraste visual. De relembrar que os dados do modo *random* são uma simulação da aquisição analógica, pelo que se nota, nos exemplos 3 e 4, um decalque das referidas entradas analógicas da superfície de aquisição gestual organizadas numa matriz 18x8y. No exemplo 3 os tempos de aleatoriedade do eixo X são muito mais curtos, daí a tendência de formar colunas; no exemplo 4 aplica-se o mesmo ao eixo Y, daí a tendência de formar linhas.

Mudando o *micro-pitch* para maior variações de altura em relação a um centróide, o decalque da grelha esbate-se. O que foi dito em relação à (i) altura e (ii) intensidade, pode ser aplicado directamente à imagem (nesta aplicação, subentenda-se): (i) posicionamento e (ii) dimensões, como se encontra ilustrado nos exemplos 5 e 6.

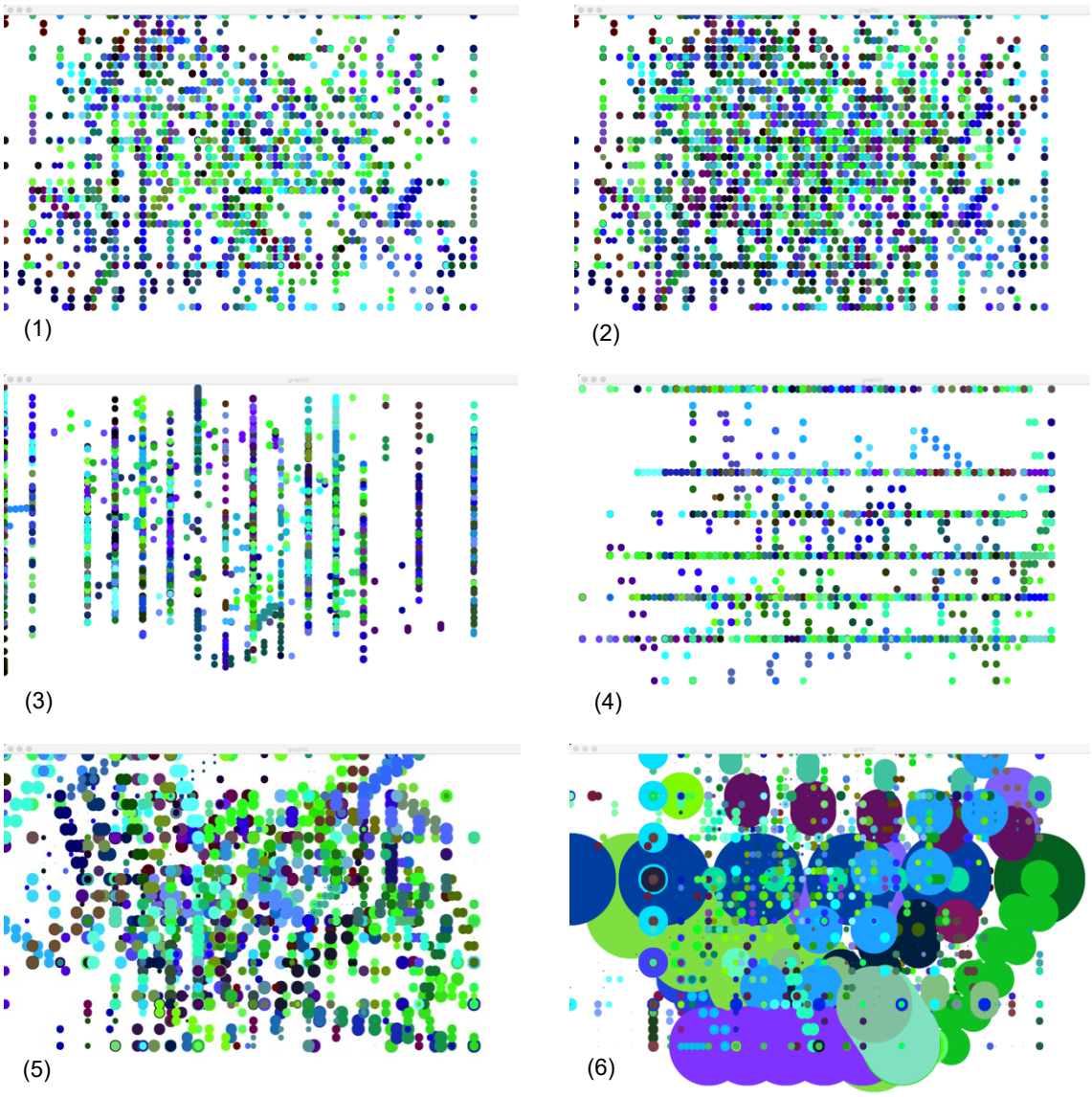


Figura 262. Imagens geradas pela random machine.

(1) *random* XY com ênfase temporal semelhante; (2) continuação da sequência anterior; (3) *random* com ênfase no eixo X; (4) *random* com ênfase no eixo Y; (5) *random* com ênfase semelhante com variação de tamanho ampliada em 10 vezes; (6) *random* com ênfase semelhante com variação de tamanho ampliada em 100 vezes.

Em suma, o sistema *random* pode ter várias aplicações e o aumento e complexidade das variáveis são vistos como um passo natural. Sistemas mistos de dados

e variáveis (interacção, estrutura e aleatoriedade) poderão gerar resultados entusiasmantes[774].

8.4. TABLET VJ

Esta aplicação destina-se a manipular imagem em movimento, nomeadamente ficheiros vídeo. Basicamente os princípios são os mesmos da imagem fixa, mas com duas grandes diferenças: (1) velocidade e (2) sentido de reprodução. Essas duas características, sendo temporais, são partilhadas com a reprodução do som.

A Figura 263 esquematiza a manipulação XY em que, *grosso modo*, foi inspirada no esquema homólogo da imagem fixa multicamada (Figura 257):

- Eixo X: velocidade e sentido (Oeste – Este). Quanto mais para este, mais rápida a velocidade sentido de reprodução no sentido normal; quanto mais para oeste, mais rápida a velocidade de reprodução em sentido retrógrado (de trás para a frente); no meio a velocidade e sentido é nulo, ficando a imagem estática;
- Eixo Y: rotação vertical da imagem (Norte – Sul). Quanto mais para norte, mais aumentada fica a parte superior da imagem; quanto mais para sul, mais aumentada fica a parte inferior da imagem;
- Eixos XY: rotações horizontal-vertical (Noroeste, Nordeste, Sudoeste e Sudeste): conjugação das variáveis anteriores;
- A transição entre as posições dos extremos é feita de forma contínua, como acelerações e abrandamentos graduais.

[774] Como por exemplo a arte generativa.

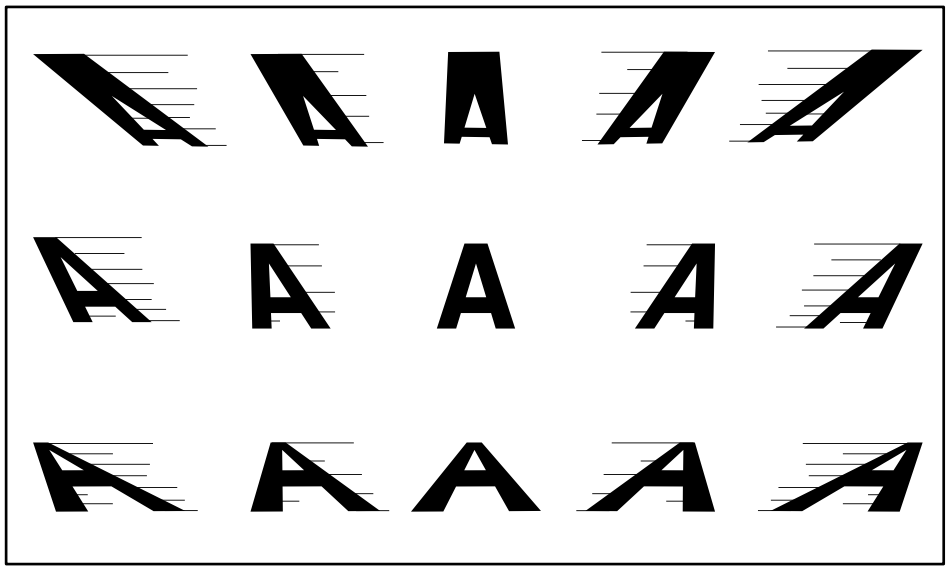


Figura 263. Esquema de manipulação XY dum ficheiro vídeo.

Tal como foi feito para a imagem fixa, o eixo Z pode receber dois tratamentos diferentes (Figura 263): (1) aumento da escala e (2) transição entre dois vídeos diferentes.

A mistura de vídeos diferentes, sendo imagens em movimento, foi reduzida para dois, por uma questão de clareza conceptual. Contudo, poderiam usar-se mais camadas ou, eventualmente, o eixo Z manipular variáveis atribuídas aos outros eixos, ou qualquer outro tipo de tratamento.

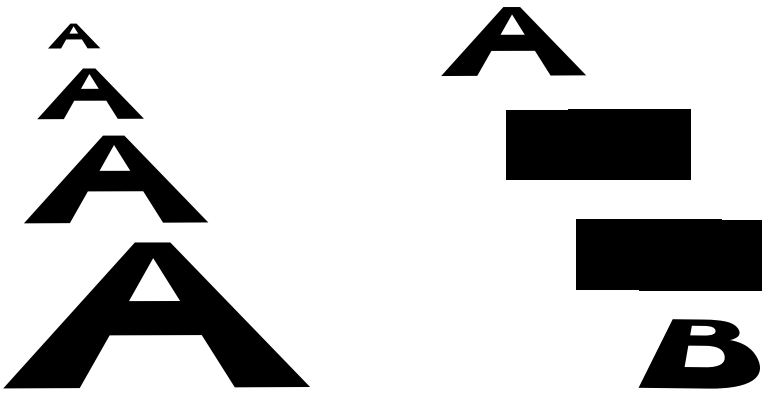


Figura 264. Acção exercida pelo eixo Z: (1) aumento da escala e (2) transição entre vídeos diferentes.

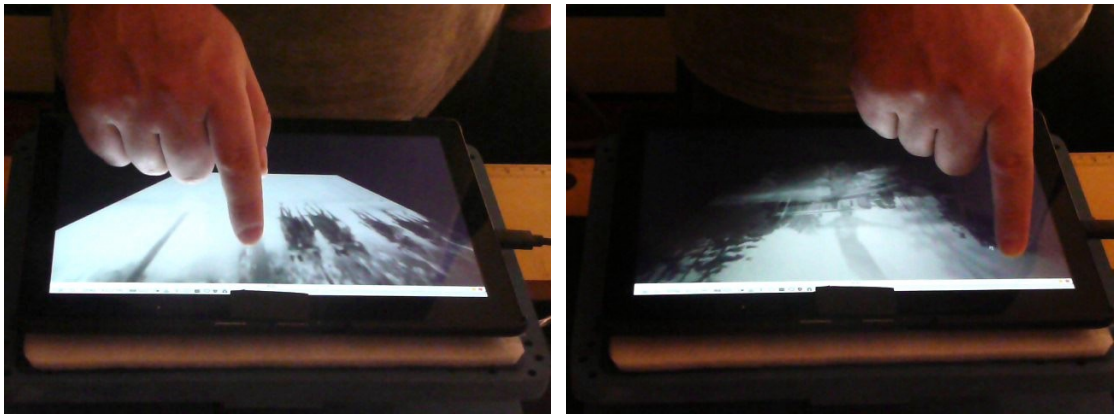


Figura 265. Fotogramas dos Vídeo Anexo 28 e Vídeo Anexo 29.

Vídeo Anexo 28. Manipulação vídeo *cmXYZ*: eixo Z manipula tamanho.

Vídeo Anexo 29. Manipulação vídeo *cmXYZ*: eixo Z mistura 2 vídeos diferentes.

Em suma, como em todas aplicações apresentadas ao longo do capítulo, a parametrização dos eixos é arbitrária, embora tenha havido uma necessidade de trabalhar as mais evidentes e de entendimento mais generalizado.

O ponto principal do capítulo foi mostrar que a manipulação *cmXYZ* numa superfície de aquisição gestual visualmente configurável é uma assunto que ultrapassa o âmbito dos instrumentos musicais. Ou, fazendo um raciocínio paralelo, se a aquisição de pressão num instrumento musical é deveras complexa e refinada, ao ser feita juntamente com imagem luz, estão criadas condições para a sua aplicação em outras áreas artísticas.

Espera-se, aliás, que a evolução dos ecrãs traga cada vez maior capacidade de interacção onde, a capacidade táctil, terá o seu papel no sentido de proporcionar uma interacção cada vez mais refinada.

Capítulo 9 - Conclusões

Neste capítulo são apresentados os resultados e contribuições da investigação, validada hipótese formulada, reflectida a generalidade do trabalho feito e apresentadas expectativas de trabalho futuro.

9.1. RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

Os resultados e contribuições tanto derivam da multidisciplinaridade de alguns assuntos como de aspectos mais isolados. Assim sendo, vão ser categorizados por tudo aquilo que relaciona os aspectos mais operacionais de continuidade e discrição e aspectos mais conceptuais da implementação instrumental.

9.1.1. Continuidade e discrição

A dualidade e conjugação destes dois elementos são a base conceptual desta investigação, trabalhados através da interacção de superfícies tácteis e visualmente configuráveis. Juntando o trabalho desenvolvido no "Capítulo 5 - Implementação de Hardware" e "Capítulo 6 - Implementação de Software" com o contexto mais alargado do "Capítulo 8 - Aplicações Complementares", ficam elencados os seguintes resultados e contribuições:

Parâmetros envolvidos

A continuidade e discrição aplicados a vários **parâmetros** sonoros e visuais:

- Dentro dos parâmetros sonoros, em termos instrumentais, eles foram aplicados à altura, intensidade, timbre e micro-afinação;
- Dentro dos parâmetros visuais, incluindo aplicações complementares, eles foram aplicados ao tamanho, sobreposição de imagens (transparência), preenchimento (cor e textura), referênciação alfanumérica;
- Interacção *cmXYZ* em suporte vídeo no sentido de reprodução, velocidade de reprodução, inclinação e transparência (sobreposição de vídeos);
- Interacção *cmXYZ* num ficheiro áudio no sentido de reprodução, velocidade de reprodução, intensidade e reverberação;

- O aspecto visual é, partindo do conceito de imagem luz, virtualmente ilimitado. Foram alvo de interacção imagens esquemáticas (símbolos, caracteres, formas geométricas) e reais (vídeos);
- As imagens esquemáticas das implementações musicais foram eminentemente discretas, excepto o movimento de algumas (potenciómetros e afins). Contudo, nada impede que no futuro possam ser aplicados elementos visuais contínuos como transparências e diversas gradações (forma, cor, espessura, contorno, textura, tamanho, movimento) àquilo que é visualmente discreto.

Modo de conciliação

A **conciliação** da continuidade e discrição, em relação aos dispositivos instrumentais, pode ser feita de diferentes modos:

- Vários níveis de discrição-continuidade num único parâmetro (totalmente contínuos, contínuos, semi-contínuos, semi-discretos, discretos e totalmente discretos);
- Um quadro conceptual mais geral aplicado instrumentos musicais em relação à combinação de parâmetros (totalmente contínuos, contínuos, semi-contínuos, semi-discretos, discretos e totalmente discretos).

Conversão e interacção

A **conversão** de ordens de grandeza pode englobar as seguintes situações:

- Conversão de continuidade em discrição (por agrupamento de grandezas contínuas);
- Conversão de discrição em continuidade (por extrapolação, não sendo vice-versa da anterior conversão);
- A questão da continuidade-discrição tanto é aplicada a parâmetros sonoros (*output*) com à aquisição gestual (*input*);
- Mantendo a transparência do conceito um "gesto para um evento acústico" para "um gesto contínuo para um evento acústico contínuo", ou mesmo "um gesto multidimensionalmente contínuo para um evento acústico multidimensionalmente contínuo". É verdade que a definição original já poderá ter o entendimento das propostas subsequentes, mas tornou-se mais claro quando aplicado à especialidade de continuidade-discrição.

9.1.2. Aspectos instrumentais

Grau de separação *input-output*

Sendo os instrumentos digitais, os protótipos desenvolvidos têm uma separação *input-output* intrínseca. Quanto a isso, em termos de esquematização instrumental, é um argumento aparentemente irrefutável.

Contudo, essa separação não é tão vincada como pode parecer, especialmente quando a superfície de aquisição gestual tem idiossincrasias bastante acentuadas, como no caso *protótipo hectográfico (protótipo 4)*.

É certo que um instrumento digital pode nunca estar acabado: a sua parte digital permite constantes actualizações e melhoramentos. Mas, tal como foi apresentado, com um mapeamento deveras transparente, o resultado sonoro manifesta o comportamento da tensão e distensão da superfície de aquisição gestual dificilmente contrariável, ou seja, uma marca que atravessa todo o dispositivo instrumental.

Este aspecto pode, inclusivamente, ser considerado o seu maior defeito e a sua maior qualidade: defeito pela sua lentidão e falta de calibração; qualidade pelo seu comportamento original. Sobre este aspecto, é interessante comparar a singularidade instrumental com a noção alargada de timbre instrumental.

> The notion of timbre can take on a well-defined meaning: everything in the sound that is a translation of the information contained in the instrument's structure.[775] (Cadoz, Luciani, & Florens, 1984, p. 72)

Por isso, como conclusão, nos instrumentos digitais o grau de separação *input-output* deve ter em consideração as variáveis sonoras e a transparência do mapeamento. Em termos auditivos, a percepção da separação *input-output* tanto pode estar ligada a um conceito musical e sonoro como ao próprio aparato tecnológico.

Grau de transparência do mapeamento

No seguimento do tópico anterior, esta implementação instrumental pautou-se pela procura de uma transparência entre a acção gestual e resultado sonoro. Mas deve ser tido em conta o seguinte: a partir do momento em que há uma tradução do mundo físico para uma realidade computacional, o último de controlo é o resultado auditivo e, por vezes é preciso compensações do mapeamento para que a naturalidade do acto tenha sentido ou, por outras palavras, uma lógica transparente.

---

[775] "A noção de timbre pode assumir um significado bem definido: tudo o que no som é uma tradução da informação contida na estrutura do instrumento" (Cadoz et al., 1984, p. 72).

Qual destas situações será mais transparente: (1) um resultado completamente análogo ao somatório das grandezas físicas e respectiva tradução em parâmetros constantes, mas que por factores indesejados conferem resultados que contrariam a expectativa acção gestual-resultado; ou (2) a mesma situação com correcção de elementos de forma a corresponder a um determinado conceito de transparência entre acção-resultado? Pertencendo ao mesmo enquadramento de transparência, no segundo caso há uma tradução dos factores para que o resultado final seja mais entendível[776].

Qualidades instrumentais versus idiossincrasias instrumentais

O título deste tópico é mais metafórico que literal e dele podem ser extraídas diversas interpretações.

Em primeiro lugar é deveras difícil definir uma qualidade só por si, imune ao contexto onde se insere. Não se trata de comparar um violino *Stradivarius* com um violino de baixo custo. Trata-se de comparar o "instrumento violino" – na sua generalidade – com outro instrumento qualquer. E como a notoriedade de um tipo de instrumento também depende da música que é feita com ele, a discussão acabará sempre no domínio musical e respectiva prática instrumental.

Em segundo lugar, uma determinada característica instrumental é sempre um compromisso de várias coisas. Nos instrumentos acústicos a sua fisicalidade impõe uma série de condicionantes inultrapassáveis: o contrabaixo é necessariamente maior que o violino; o piano não faz *vibrati*; o ataque e respectiva repetição é mais lenta no oboé do que nas castanholas; os instrumentos contínuos exigem sentido de afinação diferente dos instrumentos discretos. Por isso, não há um instrumento possa fazer tudo o que os outros fazem, precisamente porque essas características derivam, em sentido lato, de uma negociação com os seus materiais.

Nos instrumentos electrónicos todas as condicionantes atrás exemplificadas podem ser atenuadas. E no campo da especulação – uma vez que o limite de evolução dos dispositivos instrumentais ainda não está definido – tudo pode ser teoricamente superado. Resta saber o quão relevante isso é. O ser humano precisa de limites, barreiras, idiossincrasias, motivações e emoções. Precisa do seu tempo de experimentação e tirar as suas próprias experiências e conclusões. É um ser simultaneamente individual e social, com comportamentos e interesses deveras diversificados.

Uma questão interessante sobre a evolução instrumental seria a seguinte: tendo em conta a magnitude da evolução tecnológica que se espera no futuro, qual será a

[776] Não obstante qualquer resultado imprevisível que mereça aproveitamento musical.

música feita e/ou ouvida pelo *homo sapiens*, tendo ele instrumentos infinitos[777] à sua disposição? Ou, pelo contrário, precisa de limites e desafios (materiais e imateriais) para a criação musical? Provavelmente passará por uma convivência das duas atitudes, mas não deixa de ser relevante a reflexão sobre esta dialéctica.

9.2. VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE DA TESE

A conjunção de (1) representação visual flexível de elementos discretos com (2) a capacidade táctil de elementos contínuos gera (3) novas possibilidades de performance instrumental a nível de conjunção de elementos discretos e contínuos.

A validação da hipótese de trabalho é dependente de aspectos objectivos e subjectivos. Os objectivos estão relacionados com a própria concretização instrumental e de aspectos mensuráveis, eles próprios implícitos nos dois pontos prévios da hipótese de trabalho.

Os aspectos subjectivos estão relacionados com a percepção e prática musical, embora possam ser enunciados. É possível que a exploração musical dos dispositivos construídos possam revelar novas possibilidades a nível de conjugação de elementos discretos e contínuos. Contudo, essa tarefa pode exceder o prazo temporal da finalização desta tese.

Assim sendo, não se vai teorizar sobre todas as novas possibilidades instrumentais em potência, mas apresentar as suficientes para validar a hipótese de trabalho.

Protótipo hectográfico *(Protótipo 4)*

Como validação da hipótese da tese pode ser apresentado o seguinte resultado:

- Performance instrumental com representação visual discreta de diferentes escalas e referenciações visuais com diferentes coeficientes de intensidade contínua, timbre contínuo e micro-variação de altura; acrescida de *vibrato* e *glissando projectado*. Esta combinação é concretizada através do **Instrumento Base** do *software*;
- Possibilidade de 18 vozes (extensão polifónica);

[777] Infinito em tudo o que o ser humano quiser, sem restrições tecnológicas e dependente apenas da sua imaginação.

- Sistemas de transposição cromática por movimento e reajuste de grau, aplicável tanto a escalas isométricas como não-isométricas, aplicável tanto a nível sonoro como visual.

Exemplificando com uma improvisação sobre o tema *Oraison* (1937) de Olivier Messiaen:



Figura 266. Fotograma do Vídeo Anexo 30.

Vídeo Anexo 30. Improvisação harmónica do tema *Oraison*.

Exemplificando com uma improvisação sobre uma escala pentatónica:

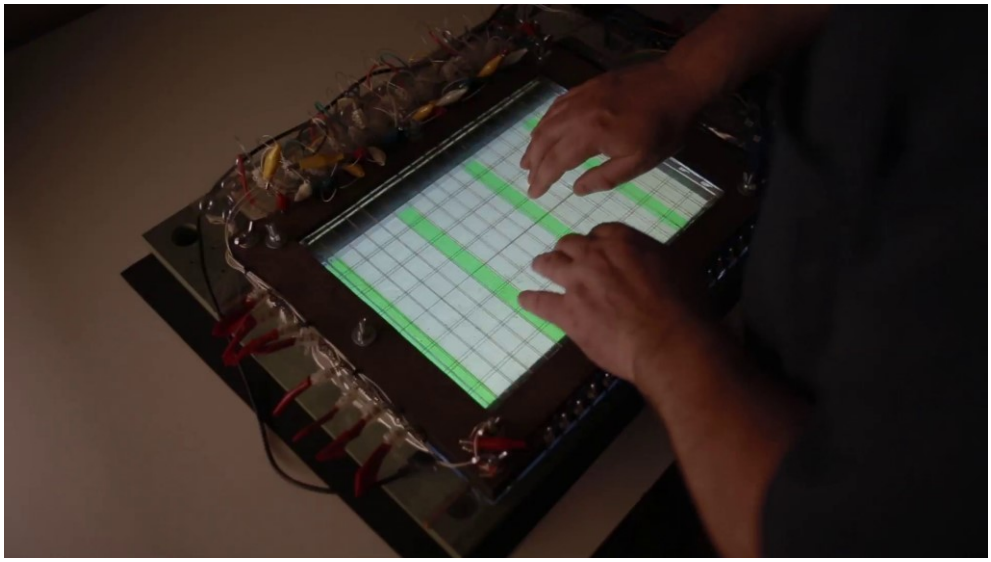


Figura 267. Fotograma do Vídeo Anexo 31.

Vídeo Anexo 31. Improvisação harmónica sobre uma escala pentatónica.

Protótipo tablet *(Protótipo 5)*

Como validação da hipótese da tese pode ser apresentado o seguinte resultado:

- Performance instrumental com representação visual discreta de diferentes escalas, sistemas escalares justos e temperamentos, com variação de contínua de intensidade e micro-variação de altura; acrescida de *vibrato* e *glissando directo*. Esta combinação é concretizada através da aplicação de *software* **continuum screenboard**.
- Execução contínua de escalas sem prática e conhecimento prévio – neste caso a escala de Bohlen-Pierce –, apenas por referência visual. Execução da escala Bohlen-Pierce e pequena improvisação melódica através da aplicação de *software* **continuum screenboard** (Figura 270, Vídeo Anexo 34, Vídeo Anexo 35).
- Manipulação performativa com acção *cmXYZ* na representação gráfica de um ficheiro áudio com resultados sonoros transparentes e contínuos a nível de velocidade de reprodução, sentido de reprodução, variação de intensidade e variação de reverberação. Esta combinação é concretizada através da aplicação de *software* **leitor áudio** (aplicações complementares, p. 442).

Exemplificação melódica do tema *Oraison* (1937) de Olivier Messiaen com uma disposição cromática:



Figura 268. Fotograma do Vídeo Anexo 32.

Vídeo Anexo 32. Tema *Oraison* na versão cromática do *Instrumento Base*.

Exemplificação melódica do tema *Oraison* (1937) de Olivier Messiaen com uma disposição multi-escala:

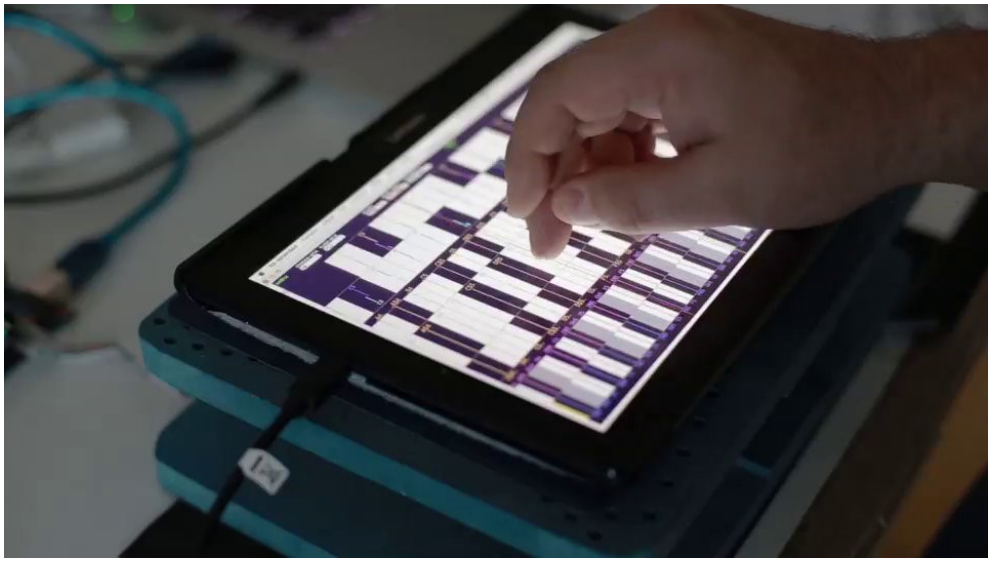
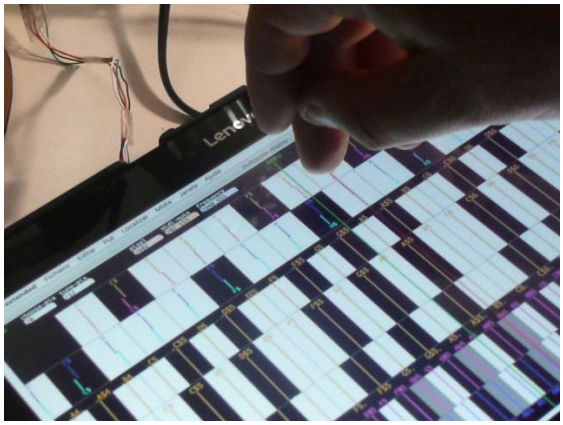


Figura 269. Fotograma do Vídeo Anexo 33.

Vídeo Anexo 33. Tema Oraison na versão multi-escala do *Continuum Screenboard*.

Exemplificação sequencial da escala Bohlen-Pierce e pequena improvisação melódica sobre a mesma:



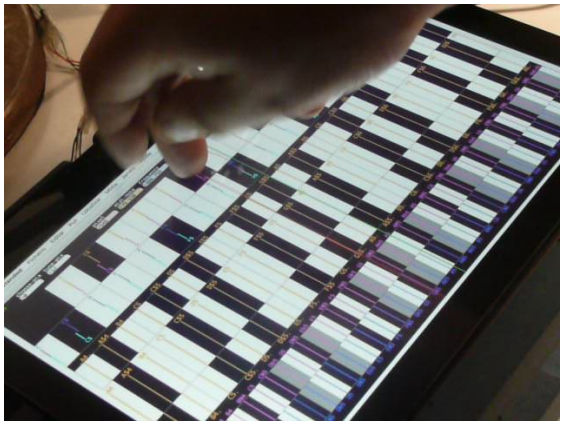


Figura 270. Fotogramas do Vídeo Anexo 34 e Vídeo Anexo 35.

Vídeo Anexo 34. Execução da escala Bohlen-Pierce.

Vídeo Anexo 35. Pequena improvisação melódica sobre a escala Bohlen-Pierce.

9.3. CONCRETIZAÇÃO DOS OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Em relação aos objectivos da investigação – para além da concretização instrumental em si mesma – foram alcançados os vários tipos de objectivos propostos no subcapítulo "1.6 - Objectivos da investigação". Assim, e respeitando a ordem proposta, os objectivos foram concretizados da seguinte maneira:

a) Conceptuais

- Foram reflectidos os conceitos base relacionados com a utilização lexical da área instrumental: (1) instrumento musical: conceitos gerais, definições gerais, ferramenta/função, conveniências terminológicas, condições de instrumentalidade, esquematizações conceptuais diversas; (2) campos instrumentais gerais: instrumento acústico, instrumento electrónico;
- Foram reflectidos os conceitos base relacionados com discrição e continuidade: (1) conceitos gerais de discrição e continuidade; (2) gradação de discrição e continuidade aplicada a parâmetros sonoro-musicais; (3) esquemas hierárquicos de discrição e continuidade instrumental;
- Foram reflectidas as implicações da representação visual em relação ao teclado: vantagens da imagem luz, evolução dos dispositivos com ecrã, taxinomia de teclados, representação escalar padrão;
- Foi reflectido o papel geral do tacto e da pressão, as vantagens da aquisição táctil na aquisição gestual instrumental;
- Foram desenvolvidas vários modelos de divisão escalar contemplados na divisão discreta da oitava em 12 partes: divisões inferiores a 12 partes (escala diatónica, modos, escalas pentatónicas, escalas hexatónicas), divisões superiores a 12 partes (escala de 1/4 de tom, escala de 1/19 de tom), divisões especiais (multi-escalas assimétricas e escala de Bohlen-Pierce).

b) Performativos

- Foram desenvolvidas propostas instrumentais conducentes à obtenção de novas capacidades expressivas e musicais: A) em termos de *hardware*: (1) *protótipo hectográfico* e (2) *protótipo tablet*; B) em termos de *software*: (1) Instrumento Base, (2) *Continuum Screenboard* e (3) Leitor Áudio (aplicação complementar);
- Foi possibilitada a transferência da técnica instrumental associada aos instrumentos de teclas para uma nova realidade performativa, uma vez que (1) a posição física geral (instrumento plano horizontal em forma de tabuleiro) e (2) a representação com lógica de teclado assim o permitem. A

estas duas características juntam-se aspectos técnicos relacionados com o deslizar gestual conducentes à realização de *vibrati* e *glissandi*.

c) Pedagógicos

- É possível usufruir de uma ferramenta concretizadora de aspectos escalares contemplados na teoria musical, como o caso de todas as escalas diferentes da divisão convencional da oitava em 12 partes.

9.4. CONTRIBUTOS DA INVESTIGAÇÃO

Os contributos gerais da investigação encontram foram apresentados no subcapítulo "1.10 - Aplicações e Perspectivas Futuras" e, basicamente, resumem-se ao (1) incremento genérico da tactibilidade de sistemas visuais através da capacidade de interacção *cmXYZ* e (2) à transposição de *expertise* instrumental para um novo meio.

A implementação instrumental – a nível de *hardware* e *software* – e a depuração teórica dos resultados – nomeadamente a nível de manipulação contínua da altura do som –, são simultaneamente meios e resultados que podem ser vistos como potenciais contribuições.

Todavia, centrando a linha condutora da forma mais objectiva e específica possível, sintetizando os dois aspectos apresentados no início deste subcapítulo, um contributo bem definido é a possibilidade de executar – dentro do conceito de interacção *cmXYZ* – qualquer escala ou altura apenas por referenciação visual, mesmo sem prática e conhecimento sonoro prévio da mesma.

Foi isso que foi feito quando foi executada a escala Bohlen-Pierce, em que o *expertise* instrumental e a tactibilidade das referências visuais permitiram esse tipo de execução. Devido à flexibilidade visual da imagem de ecrã, o exemplo apresentado pode ser intercalado com todas as escalas apresentadas nesta investigação e, em teoria, todas as que se possam visualmente representadas.

9.5. TRABALHO FUTURO

São vários os caminhos possíveis para o futuro desta investigação. Mas antes, há um aspecto prévio a considerar, plasmado em várias questões: deverá o futuro passar pela especialização num campo em particular ou continuar a conjugar vários? Quais as vantagens e desvantagens de cada opção? E até que ponto as condições de trabalho, nomeadamente o enquadramento num trabalho mais colectivo, poderiam definir e/ou catalisar o futuro do trabalho entretanto desenvolvido?

Abstraindo o aspecto prévio inicial – e traçando trabalho futuro dentro da lógica consonante com o trabalho desenvolvido –, são vários os aspectos a desenvolver, sejam eles mais ou menos disruptivos com o trabalho desenvolvido.

9.5.1. Evolução do hardware

Uma questão prévia ao desenvolvimento de soluções passa também pela evolução tecnológica disponível. Caso a capacidade táctil dos ecrãs sofra uma grande evolução, por exemplo, algumas das necessidades de desenvolvimento deixam de fazer sentido embora, provavelmente, outras sejam criadas.

Contudo, mesmo mantendo o figurino tecnológico actual, alguns melhoramentos poderiam ser implementados de imediato.

Aquisição gestual multimodal

Como já foi abordado no subcapítulo "5.3 - Soluções técnicas de hardware" (p. 284), a aquisição do eixo Z poderia ganhar com a implementação de mecanismos de medição adicionais, ou seja, às soluções encontradas, outras poderiam ser combinadas:

- Aquisição da colisão gestual do eixo Z, nomeadamente através de microfones de contacto (ambos os protótipos). Como já foi visto, uma das ideias iniciais foi o uso deste tipo de sensores;
- Acoplamento de uma célula de carga ao *protótipo 4*. Se o *protótipo 5* surgiu da robustez e simplicidade da incorporação da uma célula de carga, a mesma poderia ser acoplada ao *protótipo 4* sem interferir, *grosso modo* com a sua estrutura. Para isso bastaria adicionar uma plataforma à sua base;
- Rastreamento da área de contacto e redistribuição da pressão pela proporção das mesmas (ambos os protótipos).

Sobre este último ponto, é necessário reconsiderar (1) a vantagem da precisão do rastreamento (2) sobre o modo de aquisição, combinando o que melhor de cada aspecto.

Aquilo que foi preconizado foi a aquisição da pressão pelos meios mais directos possíveis, descartando meios de aquisição mais indirecta. Nesse caso, (i) é de considerar a inclusão da aquisição bem calibrada da pressão por estimativa e possível redistribuição por vários pontos; (ii) em vez da pressão por medição directa pouco calibrada ou fiável. Havendo possibilidade, (iii) poder-se-á combinar o melhor de cada solução.

Na Figura 271 estão representadas diferentes situações: (1) aquisição de pressão por estimativa de área e (2) medição directa de num determinado ponto.

Na primeira situação, a pressão é medida por estimativa através da medição do tamanho da polpa dos dedos, sendo a pressão adquirida proporcional à área capturada[778]. O ponto negativo desta situação é que o contacto de matéria pouco deformável ou dura não vai deixar rasto equivalente à pressão exercida. Acresce que, um dedo posicionado na horizontal e com pouco peso (ou pressão), pode gerar uma área maior que um dedo mais posicionado na vertical com mais peso (ou pressão). Dando um exemplo pouco ortodoxo, a cabeça de uma chave de fendas pode gerar uma considerável pressão através de uma área diminuta e não deformável.

Na segunda situação de aquisição a pressão capturada é independente da área, tendo por isso outras vantagens. Contudo, esta medição pode requerer sensores específicos não compatíveis com qualquer *hardware*. Aplicando esta realidade a superfícies visuais configuráveis, pode ser difícil construir uma matriz XY com resolução adequada.

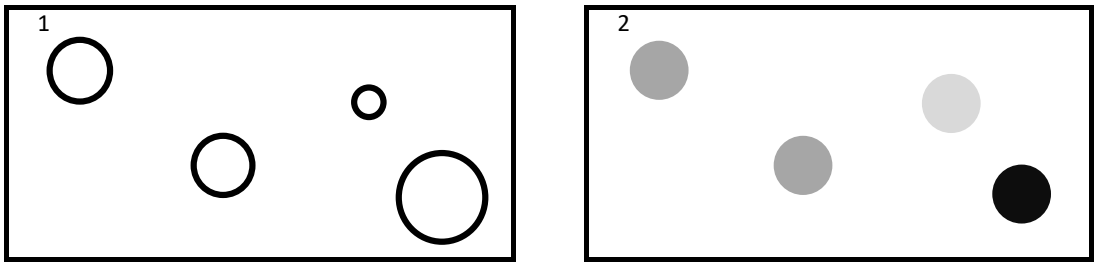


Figura 271. Medição de pressão por (1) estimativa de área e (2) aquisição directa.

(1) Quanto maior for a área de interacção, maior a estimativa de pressão; (2) Na mesma área de interacção é possível detectar vários níveis de pressão.

Voltando à temática da aquisição multimodal um sistema de aquisição por estimativa bem calibrado e fiável pode ser mais eficaz que o homólogo directo pouco fiável. Além disso, a escolha de um dos métodos pode não excluir o outro, pelo que a combinação dos dois sistemas poderá ser uma combinação ganhadora.

9.5.2. Evolução do software

A evolução da parte imaterial pode assumir direcções mais imprevisíveis que a do próprio *hardware*, uma vez que a mesma estrutura pode albergar diversos tipos de aplicações. Em teoria, o software pode ser interminavelmente melhorado. Por outro lado, a evolução do *hardware* abre novas possibilidades ao próprio *software*.

[778] Um exemplo deste procedimento encontra-se na implementação do *Orphion* (Trump & Bullock, 2014).

Por isso a evolução do *software* vai ser dividida em duas partes, uma ligada à estrutura (*hardware*), outra como parte independente e autónoma.

9.5.2.1. Rentabilização do hardware

Rentabilização dos valores de aquisição

A primeira ideia é aproveitar tudo o que já foi feito e aperfeiçoar o mapeamento e respectiva parametrização. Em relação ao *protótipo 4* – e prevendo uma utilização monofónica – há dois procedimentos que podem rentabilizar a aquisição do valor Z:

1) Incluir os valores Z da entradas analógicas do eixo X, de modo a tornar mais claras as oscilações de intensidade. Essa inclusão poderia estar circunscrita aos valores Z contíguos ao maior valor X detectado ou poderia incluir o somatório de todos os valores Z do eixo X, bastante condicente com uma utilização monofónica.

2) Incluir todos os valores Z das entradas analógicas do eixo Y. Nesse caso, à rentabilização dos valores Z do eixo X junta-se o somatório dos valores Z do eixo Y. A junção poderá (i) ser feita aos valores Z contíguos ao maior valor X detectado ou (ii) incluir o somatório de todos as valores Z do eixo X.

Aquisição gestual por estimativa e multimodal

De acordo com o exposto no tópico "Aquisição gestual multimodal" (p. 466), proceder à implementação em *software* necessário para tirar partido das disponibilidades do *hardware*.

9.5.2.2. O software como elemento autónomo

A partir do momento em que existe um sistema de aquisição gestual estável, o desenvolvimento do *software* pode seguir vários caminhos, como foi exemplificado no "Capítulo 8 - Aplicações Complementares". Nesse sentido, algumas implementações poderiam ser efectuadas a partir da estrutura montada:

- Reconhecimento de gestos simbólicos: proceder ao reconhecimentos de gestualidade discreta ou codificada;
- Implementação de protocolos MIDI e OSC: fazer conversão de valores para estes tipos de protocolos e, consequentemente, a outros *softwares,* nomeadamente bancos de sons;
- Implementação de novas organizações escalares:
    - Outros sistemas escalares

    - Inversão de sentido de alturas.
    - Configuração de escalas *ad hoc*.
- Aspectos puramente visuais:
    - Gradação de cores.
    - Gradação de tamanho.
- Convivência de sistemas de afinação justa e temperada;
- Microtonalidade;
- Controlo do espectro a nível de nota individual (configuração de parciais e respectiva modulação).

9.6. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO E AUTOCRÍTICA

Depois de um longo trabalho de investigação e implementação instrumental, deve ser feita uma pequena reflexão geral em relação ao trabalho realizado e aquilo que poderia ter sido feito de forma diferente e desejavelmente melhor.

Dispositivo-fetichismo

Havendo um contexto instrumental de índole performativo por detrás do autor desta tese, é fácil entender a necessidade de concretizar dispositivos instrumentais minimamente operacionais no seu todo, ainda que tenha sido circunscrito o âmago da interacção à interacção táctil numa superfície visualmente configurável. A obtenção de uma operacionalidade geral em torno de dispositivos instrumentais de certa complexidade foi um grande incentivo e motivação para a realização de prototipagem e programação informática para alguém sem experiência na área. Como reverso da medalha foi consumido muito tempo na realização de novas tarefas e, consequentemente, prolongado em demasia o período geral da investigação. Adicionalmente, tendo em conta o *dispositivo-fetichismo*, não foi dedicado muito tempo à exploração instrumental das implementações instrumentais, facto que se pretende corrigir no futuro.

Trabalho solitário versus trabalho colectivo

Todo o trabalho desta investigação foi realizado de forma solitária, tirando as preciosas ajudas referidas nos agradecimentos desta tese. Não foi uma escolha premeditada e a eventual realização de algum trabalho em equipa, nomeadamente na parte da prototipagem e programação informática, teria incorporado outras ideias, agilizado processos, facilitado intercâmbios, criado oportunidades de divulgação científica.

Como contraponto poderá ser defendido que houve capacidade de autonomia de investigação e implementação instrumental, que se por um lado requereu um

investimento inicial bastante elevado, poderá proporcionar dar lucros pelo facto de proporcionar liberdade e autonomia na hora iniciar novos projectos, fruto do conhecimento e experiência adquirida. Seja considerado positivo ou negativo, o trabalho desta investigação correspondeu, de maneira geral, aos propósitos e desejos do investigador, sem entraves e condicionalismos de terceiros (excepto os preciosos conselhos do orientador).

Falta de publicação científica

Para uma investigação tão longa, é legítimo questionar, na hora da apresentação desta tese, a falta de publicação científica relacionada com a mesma. Na verdade, houve tentativas prematuras que se revelaram goradas pela sua precocidade e eventual falta de preparação (2013 e 2014) como pelo fraco desempenho na língua inglesa, a língua franca da divulgação científica (ainda mais evidente em campos tecnológicos). Por outro lado, a partir do momento em que se assumiu que a língua era uma barreira e o trabalho de prototipagem e programação de elevada complexidade, canalizaram-se todas as energias para esses propósitos, deixando a publicação e divulgação científica para mais tarde. Contudo, assume-se que teria sido desejável publicação científica intercalar.

O problema da avaliação científica

Uma questão metodológica que se revelou mais difícil de resolver foi a propria avaliação e/ou validação do trabalho feito. Sendo uma investigação abrangente – pese embora a tentativa de circunscrição do tema – qual o ponto de vista a adoptar na etapa da avaliação do rabalho realizado? Ficam resumidas algumas questões que se foram levantado ao longo do trabalho feito:

- Como avaliar do ponto de vista da engenharia, quando do ponto de vista técnico o trabalho foi feito por um leigo e o principal propósito foi a sua funcionalidade geral?
- Como avaliar do ponto de vista da interacção homem-máquina, quando os parâmetros musicais e resultados artísticos podem sobrepor-se aos processos de intenção (veja-se o extraordinário caso da utilização do gira-discos pelos DJ, ou mesmo a utilização da distorção pelos músicos de rock);
- Como avaliar do ponto de vista artístico, quando se torna tão difícil (1) avaliar resultados artísticos e (2) a formulação da tese incide sobre aspectos tecnológicos operacionais;
- Como avaliar e validar dispositivos com uma utilização muito restrita e especializada, com um nível de entrada instrumental muito elevado e necessitadores de um acompanhamento muito absorvente? (devido à

especificidade, complexidade e fragilidade do *hardware*[779]*;* devido à especificidade e complexidade do *software*.)

A avaliação tentou dar resposta a estas questões fazendo um cuidadoso registo audiovisual e documental, uma análise objectiva dos resultados visuais (auto-representativos), uma análise qualitativa e mais subjectiva dos resultados sonoros, nomeadamente pela análise dos resultados registados em vídeo, descritos por texto e esquemas, assumindo uma visão global dos resultados (tentando conjugar elementos performativos, tecnológicos e paramétricos) e confiando na clareza das demonstrações instrumentais.

É questionável se a metodologia foi a mais adequada, mas espera-se que o trabalho apresentado seja uma etapa para futuros desenvolvimentos e análises mais específicas e estruturadas.

9.7. BALANÇO FINAL

A coerência instrumental é, em última instância, determinada pela prática musical. A evolução e existência de instrumentalidade musical é condicionada por factores complexos, que vão desde aspectos sociais até ao comportamento acústico dos seus materiais. Os instrumentos electrónicos acrescentam novas variáveis a este enredo.

Sendo assim, a simplicidade e flexibilidade conceptual são aspectos muito valiosos. Esta investigação partiu de um pressuposto que acrescentar possibilidades a algo existente iria proporcionar – naturalmente – novas possibilidades. Contudo deve ser tido em conta que nem sempre novas possibilidades geram novas maneiras de expressão, pelo menos no imediato e como causa-efeito obrigatório.

A dialéctica discrição-continuidade é – a nível da manipulação instrumental da altura do som – um exemplo de compromissos inevitáveis. A discrição, em termos gerais, favorece a agilidade no acesso directo a uma determinada altura. Como revés, pré-define e circunscreve o acesso às mesmas. A continuidade, em termos gerais, favorece a liberdade e a manipulação contínua de alturas sonoras. Como revés, torna o acesso directo a alturas específicas dependente variáveis complexas, algumas das quais

[779] No *protótipo hectográfico* basta uma corda condutora estar mal calibrada (por necessitar esticamento físico) ou um dos muitos cabos soltar-se para inviabilizar qualquer performance musical, necessitando de constante acompanhamento técnico.

inultrapassáveis[780]. Foi partindo do binómio discrição-continuidade que, em geral, a flexibilidade visual e a manipulação contínua e táctil *cmXYZ* procuraram gerar novas conjugação e soluções.

Assim sendo, entre os vários caminhos apontados no subcapítulo "9.5 - Trabalho Futuro", é precisamente a exploração de aspectos contínuos-discretos a nível de altura do som que se afigura de maior interesse – de acordo com a filosofia instrumental do Instrumento Base e do *Continuum Screenboard*. Acresce que a representação visual da altura do som é, dentro dos parâmetros abordados, a mais objectiva e coerente.

Por fim, estando definida uma plataforma de *hardware* com aquisição *cmXYZ*, a utilização de grandezas pode ser aplicada à manipulação de elementos visuais (imagem fixa ou em movimento e arte generativa) e elementos sonoros que extravasam o conceito instrumental de "um gesto para um evento sonoro".

[780] Entre as quais a capacidade auditiva de cada pessoa. A afinação perfeita e adaptação a vários sistemas escalares e temperamentos pode ser um obstáculo na execução de instrumentos de altura contínua, incluindo a voz. Note-se que este aspecto, apesar de tudo, não é impedimento para a prática musical. Aspectos como a estética e estruturação musical podem ser independentes deste facto. Criação musical e execução instrumental são, apesar de relacionados, aspectos diferenciáveis. Muitos malabaristas musicais são criadores desinteressantes, assim como muitos que sentem dificuldade em exprimirem-se musicalmente criam música cheia de interesse.

BIBLIOGRAFIA

Acusmático, Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. (2008-2013). Consultado em 22 de Setembro de 2015, https://www.priberam.pt/DLPO/acusmatico

Aldoshina, I., & Davidenkova, E. (2010). The History Of Electro-Musical Instruments In Russia In The First Half Of The Twentieth Century. In *Proceedings of the Second Vienna Talk* (pp. 51–54).

American Standards Association. (1960). *American standard acoustical terminology (including mechanical shock and vibration)*. New York.

Arner, N., Batchelor, P., & Bernardo, F. (2017). O Soli Mio: Exploring Millimeter Wave Radar for Musical Interaction. In *NIME 2017 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 283–286). Copenhagen, Denmark: Aalborg University Copenhagen.

Askenfelt, A., & Jansson, E. (1990). From touch to string vibrations. I: Timing in the grand piano action. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *88*(1), 52.

Astrinaki, M., D'Alessandro, N., & Dutoit, T. (2012). MAGE – A Platform for Tangible Speech Synthesis. In *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 353–356).

Baisnee, P. F., Barrière, J. B., Koechlin, O., & Rowe, R. (1986). Real-time Interaction between Musicians and Computer: Live Performance Utilisations of the 4X Musical Workstation. In *ICMC'86* (pp. 237–239).

Barbara, J. La. (2002). Voice is the original instrument. *Contemporary Music Review*, *21*(1), 35–48.

Beaudouin-Lafon, M. (2000). Instrumental interaction: an interaction model for designing post-WIMP user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, *2*(1), 446–453.

Bennet, R. (1989). *Instrumentos de Teclado*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.

Berndt, A., Al-Kassab, N., & Dachselt, R. (2014). TouchNoise: A Particle-based Multitouch Noise Modulation Interface. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 323–326). London.

Berndt, A., Al-Kassab, N., & Dachselt, R. (2015). TouchNoise: A New Multitouch Interface for Creative Work with Noise. In *Proceedings of the Audio Mostly 2015 on Interaction With Sound* (p. 4).

Bongers, B. (1999). Exploring Novel ways of interaction in musical performance. In *Proceedings of the third conference on Creativity & cognition - C&C '99* (pp. 76–81). New York, New York, USA: ACM Press.

Bosi, M., Jordà, S., & L, R. S. S. (2012). Towards fast multi-point force and hit detection in tabletops using mechanically intercoupled Force Sensing Resistors. In G. Essl, B. Gillespie, M. Gurevich, & S. O'Modhrain (Eds.), *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 47–52). Ann Arbor: Division of Computer Science & Engineering, University of Michigan.

Bowers, J., & Archer, P. (2005). Not Hyper, Not Meta, Not Cyber but Infra-Instruments. In *NIME '05 Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 5–10).

Brent, W. (2011). Aspects of Gesture in Digital Musical Instrument Design. In *ICMC*

2011 (pp. 429–436).

Brown, H. M. (2001). Instrument. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed., Vol. 12, pp. 398–399). Macmillan Publishers Limited, London.

Buchla Company. (n.d.-a). 223e Multi-Dimensional Kinesthetic Input / Tactile Input Port | Buchla. Retrieved March 14, 2018, from https://buchla.com/product/223e-multi-dimensional-kinesthetic-input-tactile-input-port/

Buchla Company. (n.d.-b). Buchla LEM218 | Buchla. Retrieved March 14, 2018, from https://buchla.com/product/buchla-lem218/

Burns, E. M., & Ward, W. D. (1982). Intervals, Scales, and Tuning. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music* (pp. 241–270). Academic Press.

Buxton, B. (2007). Multi-touch systems that I have known and loved. *Microsoft Research*.

Buxton, B. (2010). Invited Paper : A Touching Story : A Personal Perspective on the History of Touch Interfaces Past and Future. *Society for Information Display*, *41*(May), 444–448.

Buxton, W., Hill, R., & Rowley, P. (1985). Issues and techniques in touch-sensitive tablet input. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, *19*(3), 215–224.

Cadoz, C. (1988). Instrumental gesture and musical composition. In *ICMC'88* (pp. 1–14).

Cadoz, C., Luciani, A., & Florens, J.-L. (1984). Responsive Input Devices and Sound Synthesis by Stimulation of Instrumental Mechanisms: The Cordis System. *Computer Music Journal*, *8*(3), 60–73.

Cadoz, C., & Wanderley, M. (2000). Gesture - Music. In M. Wanderley & M. Battier (Eds.), *Trends in Gestural Control of Music* (pp. 71–94). Paris: Ircam - Centre Pompidou. Retrieved from http://www.music.mcgill.ca/~mwanderley/Trends/Trends_in_Gestural_Control_of_Music/DOS/P.CadWan.pdf

Campbell, M., Greated, C., & Myers, A. (2004). *Musical Instruments: History, Technology, and Performance of Instruments of Western Music*. Oxford University Press.

Carfoot, G. (2006). Acoustic, electric and virtual noise: The cultural identity of the guitar. *Leonardo Music Journal*, *16*(Noises Off: Sound Beyond Music), 35–39.

Chadabe, J. (1997). *Electric Sound: The Past and Promise of Electronic Music*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Chion, M. (1994). *Audio-Vision: Sound on Screen*. (C. Gorbman, Ed. & Trans.), *Film Quarterly* (Vol. 48). Columbia University Press.

Ciglar, M. (2010a). An ultrasound based instrument generating audible and tactile sound. In *NIME 2010 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 19–22).

Ciglar, M. (2010b). Tactile feedback based on acoustic pressure waves. In *ICMC 2010* (pp. 143–146).

Clozier, C. (2001). The gmebaphone concept and the cybernéphone instrument. *Computer Music Journal*, *25*(4), 81–90.

Clutsam, F. (1907). *971172*. United States of America. Retrieved from https://patents.google.com/patent/US971172

Colter, A., Davivongsa, P., Haddad, D. D., Moore, H., Tice, B., & Ishii, H. (2016). SoundFORMS: Manipulating Sound Through Touch. In *Proceedings of the 2016*

CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '16 (pp. 2425–2430). New York, New York, USA: ACM Press.

Cook, P. (2001). Principles for Designing Computer Music Controllers. In *NIME '01 Proceedings of the 2001 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 3–6). Seattle.

Costa, J. A., & Melo, A. S. e. (1992). instrumento, Dicionário da Língua Portuguesa. In *Dicionário da Língua Portuguesa* (6ª Edição). Porto, Portugal: Porto Editora.

Costanza, E., Shelley, S. B., & Robinson, J. (2003). Introducing audio D-Touch: A Tangible user interface for music composition and performance. *Proc. of the 6th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFX-03)*, (Figure 1), 1–5.

Couturier, J.-M. (2002). A scanned synthesis virtual instrument. In *NIME '02 Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 43–45).

Cranmer, M. (2001). Janko, Paul von. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Croft, J. (2007). Theses on liveness. *Organised Sound*, *12*(01), 59–66.

d'Alessandro, C., Rilliard, A., & Le Beux, S. (2011). Chironomic stylization of intonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *129*(3), 1594–1604.

D'Alessandro, N. (2009). *Realtime and Accurate Musical Control of Expression in Voice Synthesis*. University of Mons. Retrieved from http://nicolasdalessandro.net/phd/phd-onscreen.pdf

D'Alessandro, N., & Dutoit, T. (2007). HandSketch Bi-Manual Controller Investigation on Expressive Control Issues of an Augmented Tablet. In *NIME '07 Proceedings of the 2007 international conference on New interfaces for musical expression* (pp. 78–81).

D'Alessandro, N., & Dutoit, T. (2009). Advanced Techniques for Vertical Tablet Playing A Overview of Two Years of Practicing the HAND SKETCH 1.x. *NIME 2009 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 173–174.

D'Alessandro, N., Ooge, C., Dutoit, T., & Fels, S. (2011). Analysis-by-Performance: Gesturally-Controlled Voice Synthesis as an Input for Modelling of Vibrato in Singing. In *ICMC 2011* (pp. 189–196).

D'Alessandro, N., Woodruff, P., Fabre, Y., Dutoit, T., Le Beux, S., Doval, B., & d'Alessandro, C. (2007). Realtime and accurate musical control of expression in singing synthesis. *Journal on Multimodal User Interfaces*, *1*(1), 31–39.

Dahl, L. (2012). Wicked Problems and Design Considerations in Composing for Laptop Orchestra. In G. Essl, B. Gillespie, M. Gurevich, & S. O'Modhrain (Eds.), *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 57–60). Ann Arbor: Division of Computer Science & Engineering, University of Michigan.

Dahlstedt, P. (2017). Physical Interactions with Digital Strings - A hybrid approach to a digital keyboard instrument. In *NIME 2017 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 115–120). Copenhagen, Denmark: Aalborg University Copenhagen.

Davies, H. (2001a). Electronic Instruments. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed., Vol. 8, pp. 67–107). Macmillan Publishers Limited, London.

Davies, H. (2001b). Electrophone. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove*

Dictionary of Music and Musicians (Second Ed., Vol. 8, pp. 110–111). Macmillan Publishers Limited, London.

Davies, H. (2001c). Synthesizer [synthesiser]. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Diakopoulos, D., & Kapur, A. (2010). Argos: An Open Source Application for Building Multi-Touch Musical Interfaces. In *ICMC 2010* (pp. 88–91).

Dietz, P. H., Eidelson, B., Westhues, J., & Bathiche, S. (2009). A practical pressure sensitive computer keyboard. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '09* (pp. 55–58). New York, New York, USA: ACM Press.

Dietz, P., & Leigh, D. (2001). DiamondTouch: a multi-user touch technology. *Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '01*, *3*(2), 219.

Dobrian, C., Koppelman, D., & Kop, D. (2006). The'E'in NIME: musical expression with new computer interfaces. In N. Schnell, F. Bevilacqua, M. Lyons, & A. Tanaka (Eds.), *NIME '06 Proceedings of the 2006 conference on New interfaces for musical expression* (Vol. 2, pp. 277–282). Paris: IRCAM—Centre Pompidou.

Duindam, R., & Leeuw, H. (2015). Tingle : A Digital Music Controller Re-Capturing the Acoustic Instrument Experience. In *NIME 2015 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 3–6). Baton Rouge: Louisiana State University.

Dworak, P. E., & Parker, A. C. (1977). Envelope Control with an Optical Keyboard. In *ICMC'77*.

Eaton, J., & Moog, R. (2005). Multiple-Touch-Sensitive Keyboard. In *NIME '05 Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 258–259).

Echard, W. (2006). Sensible virtual selves: Bodies, instruments and the becoming-concrete of Music. *Contemporary Music Review*, *25*(1–2), 7–16.

Emmerson, S. (2007). *Living Electronic Music. By Simon Emmerson.* (Ashgate, Aldershot and Burlington,.

Essl, G., Rohs, M., & Kratz, S. (2010). Use the Force (or something)-Pressure and Pressure-Like Input for Mobile Music Performance. In *NIME 2010 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 182–185).

Favilla, S., & Cannon, J. (2006). Fetish: Bent Leather's palpable, visceral instruments and Grainger. *Contemporary Music Review*, *25*(1–2), 107–117.

Fels, S., Gadd, A., & Mulder, A. (2002). Mapping transparency through metaphor: towards more expressive musical instruments. *Organised Sound*, *7*(02), 109–126.

Ferreira-Lopes, P. (2008). Interaction typologies: traditional music instruments versus digital music instruments. In *ICMC 2008*.

Fishkin, K. P. (2004). A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, *8*(5), 347–358. https://doi.org/10.1007/s00779-004-0297-4

Fishkin, K. P., Gujar, A., Harrison, B. L., Moran, T. P., & Want, R. (2000). Embodied user interfaces for really direct manipulation. *Communications of the ACM*, *43*(9), 74–80.

Fishkin, K. P., Moran, T. P., & Harrison, B. L. (1998). Embodied user interfaces: Towards invisible user interfaces. In *Seventh Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction* (pp. 1–18).

Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. a. S. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (1), 442–449.

Fortuin, H. (1995). The clavette: A generalized microtonal MIDI keyboard controller. In *ICMC'95* (p. 223).

Freed, A. (2008). Application of new fiber and malleable materials for agile development of augmented instruments and controllers. In *NIME 2008 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*

Freed, A. (2016). David Wessel ' s Slabs : a case study in Preventative Digital Musical Instrument Conservation. In *13th Sound and Music Computing Conference (SMC 2016)* (pp. 151–155).

Freed, A., & Avizienis, R. (2000). A New Music Keyboard with Continuous Key-Position Sensing and High-Speed Communication. In *ICMC 2000* (pp. 515–518).

Gabrielli, L., Välimäki, V., & Bilbao, S. (2011). Real-time emulation of the Clavinet. In *ICMC 2011* (pp. 249–252).

Gallin, E., & Sirguy, M. (2009). Sensor Technology and the Remaking of Instruments from the Past. In *NIME 2009 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 199–202).

Gao, M., & Hanson, C. (2009). LUMI: Live Performance Paradigms Utilizing Software Integrated Touch Screen and Pressure Sensitive Button Matrix. In *NIME 2009 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 58–59).

Gaye, L., Mazé, R., & Holmquist, L. E. (2003). Sonic City: The Urban Environment as a Musical Interface. In *NIME '03 Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 109–115).

Gillespie, B. (1992a). Dynamical modeling of the grand piano action. In *ICMC'92* (pp. 77–80).

Gillespie, B. (1992b). The Touchback Keyboard. In *ICMC'92* (pp. 447–448).

Gillespie, B. (1994). The Virtual Piano Action: Design and Implementation. In *ICMC'94* (pp. 167–170).

Gillespie, R. B. (1996). *Haptic display of systems with changing kinematic constraints-the virtual piano action.pdf*. Stanford University.

Gillespie, R., Yu, B., Grijalva, R., & Awtar, S. (2011). Characterizing the feel of the piano action. *Computer Music Journal*, *35*(1), 43–57.

Good, E. M. (2001). Emanuel Moór pianoforte. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Grout, D. J., & Palisca, C. V. (2007). *História da Música Ocidental* (5.ª). Gradiva.

Gruenbaum, L. (2007). The Samchillian Tip Tip Tip Cheeepeeeee: A Relativistic Keyboard Instrument. In *NIME '07 Proceedings of the 2007 international conference on New interfaces for musical expression* (pp. 256–259).

Gurevich, M., & Muehlen, S. Von. (2001). The Accordiatron : A MIDI Controller For Interactive Music. In *NIME '01 Proceedings of the 2001 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 27–29).

Gurevich, M., & Treviño, J. (2007). Expression and Its Discontents : Toward an Ecology of Musical Creation. In *NIME '07 Proceedings of the 2007 international conference on New interfaces for musical expression* (pp. 106–111). New York,

NY, USA.

Gurevich, M., Verplank, B., & Wilson, S. (2003). Physical Interaction Design for Music. In *ICMC 2003*.

Hadjakos, A., Aitenbichler, E., & Mühlhäuser, M. (2008). The Elbow Piano: Sonification of Piano Playing Movements. In *NIME 2008 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 285–288).

Haken, L. (2003). *US2003/0015087A1*. *Patent Application Publication*. United States.

Haken, L., Abdullah, R., & Smart, M. (1992). The Continuum: A Continuous Music Keyboard. In *Proc. Internacional Computer Music Conference 1992* (pp. 81–84).

Haken, L., Fitz, K., Tellman, E., Wolfe, P., & Christensen, P. (1997). A Continuous Music Keyboard Controlling Polyphonic Morphing Using Bandwidth-Enhanced Oscillators. In *ICMC'97*.

Haken, L., Tellman, E., & Wolfe, P. (1998). An Indiscrete Music Keyboard. *Computer Music Journal*, *22*(1), 30–48.

Hamilton, R., Smith, J., & Wang, G. (2011). Social Composition: Musical Data Systems for Expressive Mobile Music. *Leonardo Music Journal*, *21*, 57–64.

Hanning, B. R. (2010). *The Concise History of Western Music* (4th ed.). New York, NY, USA: W. W. Norton & Company.

Harrington, H. S. (2001). Accordion 2. Types (ii) Chromatic accordions (b) The button chromatic accordion. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Hartono, P., Asano, K., Inoue, W., & Hashimoto, S. (1994). Adaptive Timbre Control System Using Gesture. In *ICMC'94* (pp. 151–158).

Hattwick, I., Beebe, P., Hale, Z., Wanderley, M., Leroux, P., & Marandola, F. (2014). Unsounding Objects: Audio Feature Extraction for the Control of Sound Synthesis. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 597–600).

Herder, J., & Cohen, M. (2002). The helical keyboard: perspectives for spatial auditory displays and visual music. *Journal of New Music Research*, *31*(3), 269–281.

Hettergott, A. (1999). Human Voice Treatments in Various Types of Electroacoustic Music. In *ICMC'99* (pp. 557–560).

Hinckley, K., Buxton, W., Heo, S., Pahud, M., Holz, C., Benko, H., … Smyth, G. (2016). Pre-Touch Sensing for Mobile Interaction. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16* (pp. 2869–2881).

Hochenbaum, J., Vallis, O., Diakopoulos, D., Murphy, J., & Kapur, A. (2010). Designing Expressive Musical Interfaces for Tabletop Surfaces. In *NIME 2010 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 315–318).

Hoffman, G., & Weinberg, G. (2011). Marimba Player. In J. Solis & K. Ng (Eds.), *Interactive Improvisation with a Robotic Marimba Player* (pp. 233–251). Springer Berlin / Heidelberg.

Hunt, A., Wanderley, M. M., & Paradis, M. (2002). The importance of parameter mapping in electronic instrument design. In *NIME '02 Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 88–93).

Huott, R. (2002). An interface for precise musical control. In *NIME '02 Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 94–98).

Huott, R. (2005). Precise control on compound curves. In *NIME '05 Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 244–245).

Igoe, T. (2007). *Making Things Talk* (First). Sebastopol, CA: Maker Media, Inc;

instrument, OnMusic Dictionary. (2013, February 14). Consultado em 22 de Setembro de 2015, http://dictionary.onmusic.org/terms/1776-instrument

instrumento, Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. (2008-2013). Consultado em 15 de Julho de 2015, http://www.priberam.pt/DLPO/instrumento

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits, and atoms. *Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent User Interfaces*, (March), 3–3.

Ishii, Hiroshi, Lakatos, D., Bonanni, L., & Labrune, J.-B. (2012). Radical Atoms: Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials. *Interactions*, *XIX*(February), 38–51.

Jansson, E. (2002). Acoustics For Violin And Guitar Makers Chapter VII : Vibration Properties of the Wood and Tuning of Violin Plates. KTH - Department of Speech, Music and Hearing.

Jathal, K., & Park, T.-H. (2016). The HandSolo: A Hand Drum Controller for Natural Rhythm Entry and Production. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 218–223). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Johnstone, E. (1985). The Rolky: A Poly-Touch Controller for Electronic Music. In *ICMC'85* (pp. 291–295).

Jones, Randall. (2001). MTC Express Multi-touch Controller (review). *Computer Music Journal*, *25*(1), 97–99.

Jones, Randy, Driessen, P., Schloss, A., & Tzanetakis, G. (2009). A force-sensitive surface for intimate control. In *NIME 2009 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 236–241).

Jordà, S. (2002). FMOL : Toward Sophisticated New Musical Instruments. *Computer Music Journal*, *26*(3), 23–39.

Jordà, S. (2003a). Interactive Music Systems for Everyone : Exploring Visual Feedback as a Way for Creating More Intuitive, Efficient and Learnable Instruments. In *Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference, August 6-9, 2003 (SMAC 03)* (Vol. 2003, pp. 681–684).

Jordà, S. (2003b). Sonigraphical instruments: from FMOL to the reacTable. In *NIME '03 Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 70–76).

Jordà, S. (2004a). Digital Instruments and Players : Part I – Efficiency and Apprenticeship. In *NIME '04 Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical Expression* (pp. 59–63).

Jordà, S. (2004b). Digital instruments and players: Part II–diversity, freedom and control. In *ICMC 2004*.

Jordà, S. (2004c). Instruments and Players: Some Thoughts on Digital Lutherie. *Journal of New Music Research*, *33*(3), 321–341.

Jordà, S. (2005a). *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics ' performance and improvisation*. Universitat Pompeu Fabra.

Jordà, S. (2005b). Multi-user Instruments: Models, Examples and Promises. In *NIME '05 Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 23–26).

Jordà, S. (2008). On stage: the reactable and other musical tangibles go real. *International Journal of Arts and Technology*, *1*(3/4), 268–287.

Jordà, S., Kaltenbrunner, M., & Bencina, R. (2005). THE REACTABLE*. In *ICMC 2005*.

Jordà, S., Kaltenbrunner, M., Geiger, G., & Bencina, R. (2005). The reactable*. In *ICMC 2005* (pp. 579–582).

Joue announce Kickstarter for new MIDI controller that can replicate multiple instruments - Magnetic Magazine. (2016).

Joué SAS. (2017). Joué Playful Music : User Guide Rev 1.0.

Kapur, A., Murphy, J., Darling, M., Heep, E., Lott, B., & Morris, N. (2016). MalletOTon and the Modulets: Modular and Extensible Musical Robots. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 69–72). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Kartomi, M. J. (1990). *On Concepts and Classifications of Musical Instruments*. Chicago: The University of Chicago.

Kartomi, M. J. (2001a). Instruments, classification of 2. Precursors. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed., Vol. 12, pp. 419–420). Macmillan Publishers Limited, London.

Kartomi, M. J. (2001b). Instruments, classification of 3. Extensions. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed., Vol. 12, p. 420). Macmillan Publishers Limited, London.

Keislar, D. (1986). Software for Real-Time Microtonal Control. In *ICMC'86* (pp. 83–85).

Kell, T., & Wanderley, M. M. (2013). A Quantitative Review of Mappings in Musical iOS Applications. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference* (pp. 473–480).

Kell, T., & Wanderley, M. M. (2014). A High-Level Review of Mappings in Musical iOS Applications. In *ICMC-SMC* (pp. 565–572). Athens.

Kessous, L. (2004). Gestural control of singing voice, a musical instrument. In *SMC'04*.

Kikukawa, Y., Kanai, T., Suzuki, T., Yoshiike, T., Baba, T., & Kushiyama, K. (2012). PocoPoco : A Kinetic Musical Interface With Electro-Magnetic Levitation Units. In *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 282–285).

Kramer, G., Moog, R., & Peevers, A. (1989). The Hybrid: A Music Performance System. In *ICMC'89* (pp. 155–159).

Lamb, R., & Robertson, A. N. (2011). Seaboard: a new piano keyboard-related interface combining discrete and continuous control. In *NIME 2011 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 503–506). Oslo.

Lee, S., Buxton, W., & Smith, K. C. (1985). A multi-touch three dimensional touch-sensitive tablet. *ACM SIGCHI Bulletin*, *16*(4), 21–25.

Lehmann, A. C. (1997). The acquisition of expertise in music: Efficiency of deliberate practise as a moderating variable in accounting for sub-expert performance. In I. Deliège & J. Sloboda (Eds.), *Perception and Cognition of Music* (pp. 161–187). Hove, England: Psychology Press (UK) Taylor & Francis.

Lehmann, A. C., Sloboda, J. A., & Woody, R. H. (2007). *Psychology for musicians - Understanding and acquiring the skills*. Oxford University Press.

Leonard, J., Castagné, N., Cadoz, C., & Florens, J.-L. (2013). A Modeller-Simulator For Instrumental Playing Of Virtual Musical Instruments. In *dafx13.nuim.ie*.

Levin, G. (2006). The Table is The Score: An Augmented-Reality Interface for Real-Time, Tangible, Spectrographic Performance. In *ICMC 2006* (pp. 151–154).

Levitin, D. J., McAdams, S., & Adams, R. L. (2002). Control parameters for musical instruments: a foundation for new mappings of gesture to sound. *Organised Sound*, *7*(02), 171–189.

Lien, J., Gillian, N., Karagozler, M. E., Amihood, P., Schwesig, C., Olson, E., … Poupyrev, I. (2016). Soli: Ubiquitous Gesture Sensing with Millimeter Wave Radar. *ACM Trans. Graph. Article*, *35*(10), 1–19.

Linn, R. (2018). LinnStrument Owner's Manual v2.10. Retrieved from http://www.rogerlinndesign.com/ls-per-split-settings.html

Ludwigsen, D. O. (2003). Physical Modeling Of The Trombone Player's Lips. In *Stockholm Music Acoustics Conference (SMAC03)* (pp. 209–212). Stockholm.

Machover, T. (2002). Big Thinkers - Tod Machover [Composer & Inventor]. TechTV. Retrieved from http://www.youtube.com/watch?v=Bo8tYjHzbIE

Macritchie, J., & Milne, A. J. (2017). Evaluation of the Learnability and Playability of Pitch Layouts in New Musical Instruments. In *Proceedings of the 14th Sound and Music Computing Conference* (pp. 450–457).

Magnusson, T. (2006). Affordances and constraints in screen-based musical instruments. In *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction changing roles - NordiCHI '06* (pp. 441–444). New York, New York, USA: ACM Press.

Magnusson, T. (2010). An Epistemic Dimension Space for Musical Devices. In *NIME 2010 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 43–46).

Magnusson, T., & Mendieta, E. H. (2007). The acoustic, the digital and the body: A survey on musical instruments. In *NIME '07 Proceedings of the 2007 international conference on New interfaces for musical expression* (pp. 94–99).

Mann, S., & Janzen, R. (2009). Polyphonic Embouchure On An Intricately Expressive Musical Keyboard Formed By An Array Of Water Jets. In *ICMC 2009* (pp. 545–548).

Marchany, R. C., & Tront, J. G. (1992). A Programmable MIDI Instrument Controller Emulating a Hammer Dulcimer. In *ICMC'92* (pp. 89–92).

Marier, M. (2010). The Sponge - A Flexible Interface. In *NIME 2010 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 356–359).

Marier, M. (2012). Designing Mappings for Musical Interfaces Using Preset Interpolation. In *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 503–506).

Mathews, M. (1963). The Digital Computer as a Musical Instrument. *Science*, *142*(3592), 553–557. https://doi.org/10.1126/science.142.3592.553

Maupin, S., Gerhard, D., & Park, B. (2011). Isomorphic tessellations for musical keyboards. In *SMC'11* (pp. 471–478).

McMillen, K. (2015). Two-Dimensional Sensor Arrays. United States Patent, US 2015/0331524 A1.

McPherson, A. (2012). TouchKeys : Capacitive Multi-Touch Sensing on a Physical Keyboard. In G. Essl, B. Gillespie, M. Gurevich, & S. O'Modhrain (Eds.), *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 53–56). Ann Arbor.

McPherson, A., & Kim, Y. (2011). Design and applications of a multi-touch musical keyboard. In *Proc. SMC2011* (pp. 310–316).

Mcpherson, A. P. (2013). Portable Measurement and Mapping of Continuous Piano Gesture. In *Nime 2013 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 152–157).

Mcpherson, A. P., Gierakowski, A., & Stark, A. (2013). The space between the notes: adding expressive pitch control to the piano keyboard. In *CHI 2013: Changing Perspectives* (pp. 2195–2204). Paris.

McPherson, A. P., & Kim, Y. E. (2011). Multidimensional gesture sensing at the piano keyboard. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems - CHI '11* (pp. 2789–2798). New York, New York, USA: ACM Press.

Meacham, A., Kannan, S., & Wang, G. (2016). The Laptop Accordion. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 236–240). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Meeùs, N. (2001). Keyboard (3. Experimental keyboards). In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Menzies, D., & McPherson, A. (2013). A Digital Bagpipe Chanter System to Assist in One-to-One Piping Tuition. In *Proceedings of 10th Sound and Music Computing Conference* (pp. 440–445).

Michels, U. (2003). *Atlas da Música I*. Lisboa: Gradiva.

Michels, U. (2007). *Atlas da Música II*. Lisboa: Gradiva.

Michon, R., Smith, J. O., Chafe, C., Wright, M., & Wang, G. (2016). Nuance: Adding Multi-Touch Force Detection To the Ipad. In *13th Sound and Music Computing Conference (SMC 2016)* (pp. 305–309).

Michon, R., Smith, J. O. I., Wright, M., & Chafe, C. (2016). Augmenting the iPad: the BladeAxe. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 247–252). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

MIDI Manufacturers Association. (2018). MIDI Manufacturers Association (MMA) Adopts New MIDI Polyphonic Expression (MPE) Enhancement to the MIDI Specification. Retrieved from https://www.midi.org/articles/midi-polyphonic-expression-mpe

Milne, A. J., Xambó, A., Laney, R., Sharp, D. B., Prechtl, A., & Holland, S. (2011). Hex Player — A Virtual Musical Controller. In *NIME 2011 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 244–247).

Miranda, E. R., & Wanderley, M. M. (2006). *New Digital Musical Instruments : Control and Interaction Beyond the Keyboard*. *Control*. Middleton: A-R Editions, Inc.

Mitchell, T., Madgwick, S., & Heap, I. (2012). Musical Interaction with Hand Posture and Orientation : A Toolbox of Gestural Control Mechanisms. In G. Essl, B. Gillespie, M. Gurevich, & S. O'Modhrain (Eds.), *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 35–38). Ann Arbor: Division of Computer Science & Engineering, University of Michigan.

Momeni, A. (2015). Caress : An Enactive Electro-acoustic Percussive Instrument for Caressing Sound. In *NIME 2015 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 245–250). Baton Rouge: Louisiana State University.

Moog, RA, & Rhea, T. (1990). Evolution of the keyboard interface: The Bösendorfer 290 SE recording piano and the Moog multiply-touch-sensitive keyboards. *Computer Music Journal*, *14*(2), 52–60.

Moog, Robert. (1982). A Multiply Touch-Sensitive Clavier for Computer Music Systems. In *ICMC'82* (pp. 601–605).

Moore, F. R. (1987). The dysfunctions of MIDI. In *ICMC'87* (pp. 256–263).

Moore, F. R. (1988). The dysfunctions of MIDI. *Computer Music Journal*, *12*(1), 19–28. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/10.2307/3679834

Nagashima, Y. (2007). GHI project and "Cyber Kendang." In *NIME '07 Proceedings of the 2007 international conference on New interfaces for musical expression* (pp. 250–253). New York, New York, USA: ACM Press.

Nakagaki, K., Totaro, P., Peraino, J., Shihipar, T., Akiyama, C., Shuang, Y., & Ishii, H. (2016). HydroMorph: Shape Changing Water Membrane for Display and Interaction. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction - TEI '16*, 512–517.

Nakagaki, K., Vink, L., Counts, J., Windham, D., Leithinger, D., Follmer, S., & Ishii, H. (2016). Materiable: Rendering Dynamic Material Properties in Response to Direct Physical Touch with Shape Changing Interfaces. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2764–2772.

Nash, C. (2016). The "E" in QWERTY: Musical Expression with Old Computer Interfaces. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 224–229). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Nelson, K. (2017). Aftertouch • 3D MIDI Controller on the App Store. Consultado em 13 de Março de 2018, https://itunes.apple.com/us/app/aftertouch-3d-midi-controller/id1133701231?mt=8

Newton-Dunn, H., Nakano, H., & Gibson, J. (2003). Block jam: a tangible interface for interactive music. *Journal of New Music Research*, *32*(4), 383–393.

Nicolls, S. (2009). Twenty-first Century Piano. In *NIME 2009 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 203–206).

Noreland, D. (2013). An experimental study of temperature variations inside a clarinet. In *Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference 2013 (SMAC 2013)* (pp. 446–449). Stockholm.

O'Modhrain, S. (2011). A framework for the evaluation of digital musical instruments. *Computer Music Journal*, *35*(1), 28–43.

O'Modhrain, S., & Essl, G. (2004). PebbleBox and CrumbleBag : Tactile Interfaces for Granular Synthesis. In *NIME '04 Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical Expression* (pp. 74–79).

Oliver, J., & Jenkins, M. (2008). The silent drum controller: A new percussive gestural interface. In *ICMC 2008*.

Olivier, J. L. R. (2016). CEC — eContact! 18.3 — Design and Appropriation in Open Source Computer Musical Instruments: A Case study of the Silent Drum by Jaime Oliver La Rosa. Retrieved December 14, 2017, from http://econtact.ca/18_3/oliver_silentdrum.html

Olsen, D. A. (2007). Studying Latin American Music. In D. A. Olsen & D. E. Sheehy (Eds.), *The Garland Handbook of Latin American Music* (pp. 13–35). Routledge. Q6ydCFVBf&sig=NksFIEmwYx6pEGS-9yoxk4h8GEg

Orton, R., & Davies, H. (2001a). Electronic organ. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed., Vol. 8, pp. 107–108).

Macmillan Publishers Limited, London.

Orton, R., & Davies, H. (2001b). Ondes martenot. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Orton, R., & Davies, H. (2001c). Theremin. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Ostertag, B. (2002). Human bodies, computer music. *Leonardo Music Journal*, *12*, 11–14.

Overholt, D. (2001a). The MATRIX : A Novel Controller for Musical Expression. In *NIME '01 Proceedings of the 2001 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 38–41).

Overholt, D. (2001b). The MATRIX: A New Musical Instrument for Interactive Performance. In *ICMC 2001*.

Paradiso, J. (1999). The brain opera technology: New instruments and gestural sensors for musical interaction and performance. *Journal of New Music Research*, *28*(2), 130–149.

Paradiso, J. A. (1997). Electronic music: new ways to play. *Ieee Spectrum*, *34*(12), 18–30. https://doi.org/10.1109/6.642965

Park, B., & Gerhard, D. (2013a). Discrete Isomorphic Completeness and a Unified Isomorphic Layout Format. In *SMC'13* (pp. 152–159).

Park, B., & Gerhard, D. (2013b). Rainboard and Musix : Building dynamic isomorphic interfaces. In *Nime 2013 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 319–324).

Park, T. H., & Nieto, O. (2013). Fortissimo : Force-Feedback for Mobile Devices. In *Nime 2013 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 291–294).

Patten, J., Ishii, H., Hines, J., & Pangaro, G. (2001). Sensetable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 253–260).

Patten, J., & Recht, B. (2002). Audiopad : A Tag-based Interface for Musical Performance. In *NIME '02 Proceedings of the 2002 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 148–153).

Perrotin, O., & D'alessandro, C. (2016). Seeing, Listening, Drawing: Interferences between Sensorimotor Modalities in the Use of a Tablet Musical Interface. *ACM Transactions on Applied Perception*, *14*(2), 1–19. https://doi.org/10.1145/2990501

Perrotin, O., & D'Alessandro, C. (2014). Visualizing Gestures in the Control of a Digital Musical Instrument. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 605–608). London.

Place, A., Lacey, L., & Mitchell, T. (2013). AlphaSphere. In *Nime 2013 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 491–492).

Place, A., Lacey, L., & Mitchell, T. (2014). AlphaSphere from Prototype to Product. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 399–402). London.

Portner, H. (2014). CHIMAERA The Poly-Magneto-Phonic Theremin An Expressive Touch-Less Hall-Effect Sensor Array. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 501–504). London.

Prechtl, A., Milne, A. J., Holland, S., Laney, R., & Sharp, D. B. (2012). A midi sequencer that widens access to the compositional possibilities of novel tunings. *Computer Music Journal*, *36*(1), 42–54.

Products – Joué. (2018). Consultado em 10 de Março de 2018, https://www.play-joue.com/en/shop/

Rekimoto, J. (2002). SmartSkin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 113).

Rekimoto, J. (2008). Organic interaction technologies: from stone to skin. *Communications of the ACM*, *51*(6), 38–44.

retronym | Definition of retronym in English by Oxford Dictionaries. (n.d.). Retrieved February 18, 2018, from https://en.oxforddictionaries.com/definition/retronym

Ripin, E. M., & Rowland, D. (2001). Una Corda. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Risset, J.-C. (2007). Fifty Years of Digital Sound for Music. In *SMC'07* (pp. 3–8).

Risset, J. (2009). Max mathews's influence on (my) music. *Computer Music Journal*, *33*(3), 26–34.

Ritsch, W. (2011). ROBOTIC PIANO PLAYER MAKING PIANOS TALK. In *SMC'11* (pp. 394–399).

Roads, C. (1996). Early electronic music instruments: Time line 1899-1950. *Computer Music Journal*, *20*(3), 20–23.

Rocchesso, D., Avanzini, F., Rath, M., Bresin, R., & Serafin, S. (2004). Contact Sounds for Continuous Feedback. In *Proceedings Of The Int. Workshop On Interactive Sonification, Bielefeld* (pp. 1–6).

Ryan, J. (1991). Some remarks on musical instrument design at STEIM. *Contemporary Music Review*, *6*(1), 3–17. https://doi.org/10.1080/07494469100640021

Sarier, O. (2014). Rub Synth : A Study of Implementing Intentional Physical Difficulty Into Touch Screen Music Controllers. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 179–182). London.

Sasaki, L., Fedorkow, G., Buxton, W., Retterath, C., & Smith, K. C. (1981). A Touch-Sensitive Input Device. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Computer Music* (pp. 293–297).

Satz, A. (2010). Music of Its Own Accord. *Leonardo Music Journal*, *20*, 73–78.

Saunders, J. (2013). Specific Objects? Distributed Approaches to Sourcing Sonic Materials in Open form Compositions. *Contemporary Music Review*, *32*(5), 473–484.

Savary, M., Schwarz, D., & Pellerin, D. (2012). DIRTI — Dirty Tangible Interfaces. In *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 347–350).

Schelleng, J. C. (1973). The bowed string and the player. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *53*(1), 26–41.

Schmeder, A., & Freed, A. (2010). Support vector machine learning for gesture signal estimation with a piezo resistive fabric touch surface. In *NIME 2010 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 244–249).

Schöning, J., Brandl, P., Daiber, F., Echtler, F., Hilliges, O., Hook, J., … Zadow, U.

Von. (2008). Multi-Touch Surfaces : A Technical Guide Technical Report TUM-I0833. *IEEE Tabletops and Interactive Surfaces*.

Schöning, J., Hook, J., Motamedi, N., Olivier, P., Echtler, F., Brandl, P., … von Zadow, U. (2009). Building Interactive Multi-Touch Surfaces. *Journal of Graphics, GPU, and Game Tools*, *14*(3), 35–55.

Schoonderwaldt, E., Guettler, K., & Askenfelt, A. (2003). Effect of the width of the bow hair on the violin string spectrum. In *Stockholm Music Acoustics Conference (SMAC03)* (pp. 91–94). Stockholm.

Schwarz, D., Tremblay, P. A., & Harker, A. (2014). Rich Contacts: Corpus-Based Convolution of Contact Interaction Sound for Enhanced Musical Expression. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 247–250). London.

Sello, J. T. (2016). The Hexenkessel: A Hybrid Musical Instrument for Multimedia Performances. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 122–131). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Sethi, R. (2016a). Innovative Modular MIDI Controller, Joué, Now On Kickstarter : Ask.Audio. Consultado em 10 de Março de 2018, https://ask.audio/articles/most-expressive-modular-midi-controller-jou-now-on-kickstarter

Sethi, R. (2016b). Joué Is An Expressive, Modular MIDI Controller We Didn't See Coming : Ask.Audio. Consultado em 10 de Março de 2018 https://ask.audio/articles/jou-is-an-expressive-modular-midi-controller-from-the-co-inventor-of-the-jazzmutant-lemur

Shepard, R. N. (1982). Structural Representations of Musical Pitch. In D. Deutsch (Ed.), *Psychology of Music* (pp. 343–390). Academic Press.

Sneak peek of HYVE, a 60-note touch synthesizer - CDM Create Digital Music. (2015). Retrieved March 13, 2018, from http://cdm.link/2015/10/sneak-peek-of-hyve-a-60-note-touch-synthesizer/

Snell, J. M. (1983). Sensors for Playing Computer Music with Expression. In *ICMC'83* (pp. 113–126).

Snyder, J. (2011). Snyderphonics Manta Controller, a Novel USB Touch- Controller. In *NIME 2011 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 413–416).

Stroppa, M. (1999). Live electronics or…live music? Towards a critique of interaction. *Contemporary Music Review*, *18*(3), 41–77.

Strylowski, B., Allison, J., & Guessford, J. (2014). Pitch Canvas: Touchscreen Based Mobile Music Instrument. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 171–174). London.

Takala, T., Hiipakka, J., Laurson, M., & Välimäki, V. (2000). An Expressive Synthesis Model for Bowed String Instruments. In *ICMC 2000*.

Tanaka, A. (2000). Musical performance practice on sensor-based instruments. In *Trends in Gestural Control of Music* (pp. 389–406). Ircam.

Tanaka, A., & Bongers, B. (2002). Global string: A musical instrument for hybrid space. In *ICMC 2002* (pp. 299–304).

Tarabella, L. (2004). Improvising computer music: an approach. In *SMC'04*. Retrieved from http://www.smc-conference.net/smc04/scm04actes/P30.pdf

The Metropolitan Museum of Art. (n.d.). Bosendorfer: Grand Piano with Double Keyboard. Consultado em 19 de Janeiro de 2018, https://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/L.2014.77/

The Surface One Fan Page. (2003). Retrieved March 13, 2018, from http://www.studioimaginaire.com/surfaceone/pictures.html

Tomás, E., & Kaltenbrunner, M. (2014). Tangible Scores: Shaping the Inherent Instrument Score. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 609–614). London.

Tripp, J., & DeRocco, P. (2010). *US7723597B1*. United States Patent, US 7,723,597 B1.

Trump, S., & Bullock, J. (2014). Orphion: A Gestural Multi-Touch Instrument for the iPad. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 159–162). London.

Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK: Models and Prototypes fo Tangible User Interfaces. In *UIST'97 - 10th annual symposium on User Interface Software and Technology*. Banff.

Vanhanen, J. (2003). Virtual Sound: Examining Glitch and Production. *Contemporary Music Review*, *22*(4), 45–52.

Wachsmann, K., & Kartomi, M. J. (2001). Instruments, classification of 1. Introduction: the classification system of Hornbostel and Sachs. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed., Vol. 12, pp. 418–419). Macmillan Publishers Limited, London.

Wade-Mattews, M. (2010). *The History of Musical Instruments and Music-Making*. London: Southwater.

Wanderley, M. M., Depalle, P., & Warusfel, O. (1999). Improving instrumental sound synthesis by modeling the effects of performer gesture. In *Proc of the 1999 International Computer Music Conference San Francisco Calif International Computer Music Association* (pp. 418–421).

Wanderley, M. M., & Orio, N. (2002). Evaluation of Input Devices for Musical Expression: Borrowing Tools from HCI. *Computer Music Journal*, *26*(3), 62–76.

Wang, G. (2016). Game Design for Expressive Mobile Music. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 182–187). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Wang, G., Essl, G., Smith, J., Salazar, S., Cook, P. R., Hamilton, R., … Segal, J. (2009). Smule= sonic media: An intersection of the mobile, musical, and social. In *ICMC 2009* (pp. 283–286).

Wang, G., Oh, J., & Lieber, T. (2011). Designing for the ipad: Magic fiddle. In *NIME 2011 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 197–202).

Wang, J., D'Alessandro, N., Fels, S., & Pritchard, R. (2012). Investigation of Gesture Controlled Articulatory Vocal Synthesizer using a Bio-Mechanical Mapping Layer. In G. Essl, B. Gillespie, M. Gurevich, & S. O'Modhrain (Eds.), *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 17–20). Ann Arbor: Division of Computer Science & Engineering, University of Michigan.

Weinberg, G., & Gan, S.-L. (2001). The squeezables: Toward an expressive and interdependent multi-player musical instrument. *Computer Music Journal*, *25*(2), 37–45.

Wessel, D., Avizienis, R., Freed, A., & Wright, M. (2007). A force sensitive multi-touch array supporting multiple 2-D musical control structures. *NIME '07 Proceedings of the 2007 International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 41–45.

Wessel, D., & Wright, M. (2001). Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers. In *NIME '01 Proceedings of the 2001 conference on New interfaces for musical expression* (Vol. 26, pp. 11–14).

Wessel, D., & Wright, M. (2002). Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers. *Computer Music Journal*, *26*(3), 11–22.

Wierenga, R. (2012). A New Keyboard-Based , Sensor-Augmented Instrument for Live Performance. In *NIME 2012 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 192–195).

Williams, J.-P. (2003). *Le Piano*. Genève: Minerva.

Williams, P., & Thistlethwaite, N. (2001). Swell 1. The organ. In S. Sadie & J. Tyrrel (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Ed.). Macmillan Publishers Limited, London.

Winternitz, E. (1943). Bagpipes and Hurdy-Gurdies in Their Social Setting. *The Metropolitan Museum of Art Bulletin*, *2*(1), 56–83.

Wright, M., Freed, A., & Wessel, D. (1997). New musical control structures from standard gestural controllers. In *ICMC'97* (pp. 387–390).

Xiao, X., Haddad, D. D., Sanchez, T., van Troyer, A., Kleinberger, R., Webb, P., … Ishii, H. (2016). Kinéphone: Exploring the Musical Potential of an Actuated Pin-Based Shape Display. In *NIME 2016 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (Vol. 16, pp. 259–264). Brisbane: Queensland Conservatorium Griffith University.

Yamaguchi, T., & Hashimoto, S. (2009). Grasping Interface with Photo Sensor for a Musical Instrument. In J. A. Jacko (Ed.), *Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques* (pp. 542–547). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Yantis, M. A. (1977). A Microprocessor Based Live-Performance Instrument. In *ICMC'77*.

Yerkes, K., & Wright, M. (2014). Twkyr: a Multitouch Waveform Looper. In *NIME 2014 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 375–378). London.

Young, D. (2008). Classification of Common Violin Bowing Techniques Using Gesture Data from a Playable Measurement System. In *NIME 2008 Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (pp. 44–48).

Young, G. (1984). Hugh Le Caine's 1948 Sackbut Synthesizer: Performance Mode of Electronic Instruments. In *ICMC'84* (pp. 203–212).

Zbyszynski, M., Wright, M., Momeni, A., & Cullen, D. (2007). Ten years of tablet musical interfaces at CNMAT. In *NIME '07 Proceedings of the 2007 international conference on New interfaces for musical expression* (pp. 100–105

FILMOGRAFIA

2001: A Space Odyssey (1968) – Stanley Kubrick.

2077: 10 Segundos Para o Futuro (2018, Episódio 1) – Lisbon Force / Rádio Televisão Portuguesa. (Série documental televisiva de 4 episódios.)

Avatar (2009) – James Cameron.

Blade Runner (1982) – Ridley Scott.

Forbidden Planet (1956) – Fred M. Wilcox.

Le Cinquième Élément [The Fifth Element] (1997) – Luc Besson.

Le voyage dans la lune (1902) – Georges Méliès.

Metropolis (1927) – Fritz Lang.

Minority Report (2002) – Steven Spielberg.

Music for One Apartment and Six Drummers (2001) – Ola Simonsson e Johannes Stjärne Nilsson. (curta-metragem.)

Predator (1987) – John McTiernan.

Prometheus (2012) – Ridley Scott.

RoboCop (1987) – Paul Verhoeven.

San Junipero (2016) – Owen Harris. (Telefilme da série *Black Mirror*, episódio 4 da série 3.)

Source Code (2011) – Duncan Jones.

Sound of Noise (2010) – Ola Simonsson, Johannes Stjärne Nilsson.

Star Trek (saga com diversas séries e filmes).

Surrogates (2009) – Jonathan Mostow.

Terminator 2: Judgment Day (1991) – James Cameron.

The Matrix (1999) – irmãos Wachowski (*agora* irmãs Lana e Lilly).

They Live (1984) – John Carpenter.

The Terminator (1984) – James Cameron.

APÊNDICE A

Apêndice A: O caso da voz

O caso da voz

Sendo a voz uma parte do corpo humano com capacidades musicais extraordinárias, a sua classificação e uso instrumental são também extraordinariamente diferenciados dos restantes dispositivos instrumentais.

1. Ser ou não ser, eis a questão

Antecipando a resposta à pergunta subjacente, esta investigação considera a voz, pelo menos em sentido lato, como um instrumento musical. É necessário observar, porém, que a sua extraordinária especificidade levanta dúvidas pertinentes sobre o seu posicionamento instrumental, pelo menos num sentido mais estrito.

2. Será um corpofone?

Em termos conceptuais, e aceitando a utilização instrumental em sentido lato, voz poderá estar incluída nos *corpofones*. Tal como nos exemplos apresentados na subsecção "2.1.4.2 – Ferramenta e função", o canto é produzido exclusivamente pelo corpo humano, sem qualquer tipo de ferramentas auxiliares. Por outro lado, poder-se-á argumentar que a voz é, dentro dos *corpofones*, um caso absolutamente à parte e dificilmente comparável. Nesse caso não é claro que se insira neste conceito, pelo menos no sentido mais estrito.

Em primeiro lugar pela sua intangibilidade e posicionamento no corpo humano. Ao contrário de outros *corpofones*, não é possível estabelecer contacto físico directo com a voz. As palmas, sapateados, fricções e estalos são acções que se realizam na fronteira externa do corpo humano, sendo naturalmente transponíveis ou extensíveis para objectos físicos também eles externos. Podem ser conjugados com o corpo e partilharem, inclusivamente, elementos de técnica instrumental. Dificilmente o mesmo acontece com a melodiosidade vocal, ou seja, dificilmente ela se transpõe num instrumento musical externo sem uma aprendizagem instrumental específica e complexa[781]. É comum afirmar que os instrumentos de sopro são extensões instrumentais da própria voz. A frase faz todo o sentido em termos musicais e metafóricos mas, em termos de técnica instrumental, perde grande parte da sua pertinência.

Em segundo lugar, nenhuma parte do corpo consegue aproximar-se da capacidade melódica da voz[782]. A voz destaca-se por determinadas capacidades sonoras que secundarizam classificações mais generalistas de outras partes do corpo humano. Tome-se o exemplo da

[781] Dois exemplos interessantes de *melodiosidade* vocal encontram-se no *serrote musical* e no *theremin*. Essa mimetização deriva do princípio aparentemente despojado da manipulação contínua e conjunta da intensidade e frequência, embora a sua manipulação técnica seja muito apurada e exigente.

[782] Excepto o assobio, que partilha parte do sistema vocal.

seguinte frase: "o ser humano é um animal vertebrado". Sendo ela verdadeira, não é o epíteto "vertebrado" que melhor o define na maioria das situações, tornando-se uma afirmação desadequada em variados contextos. Só tem pertinência contextual quando se estabelece, por exemplo, a diferença entre animais vertebrados e invertebrados, uma situação deveras abrangente. Abstraindo o exagero e contexto desfasado da frase anterior, o que se pretende ilustrar é que, podendo ser a voz considerada, em termos latos, um *corpofone*, seria demasiado limitador não incluí-la numa categoria separada.

3. Vocofone e verbofone

O título deste ponto é inspirado nos termos "vococêntrico" e "verbocêntrico" apresentados por Chion (1994, pp. 13–14). Estas expressões surgem na reflexão deste autor sobre a importância da voz no universo geral do som em contexto audiovisual. *Vococentrismo* diz respeito à centralidade que a voz ocupa em relação aos restantes sons e à necessidade e naturalidade do espectador centrar-se primeiramente nela e, só depois, nos restantes sons. *Verbocentrismo* vai ainda mais longe na centralidade do diálogo em relação aos outros sons, e diz respeito à necessidade do espectador decifrar, em primeiro lugar, o conteúdo semântico do mesmo, e só depois interessar-se pelo resto. Assim sendo, Chion preconiza a inteligibilidade do diálogo como um aspecto central no som em contexto audiovisual (nomeadamente no cinema). As excepções e nuances estão previstas pelo autor, mas é o princípio sonoro que agora é analisado.

A ideia de denominar *vocofone* à voz deriva de duas razões principais: (1) da sua idiossincrasia sonora destacada; (2) da sua capacidade de mimetizar de forma flexível uma enorme quantidade de sons, sejam eles associados a objectos sonoros, instrumentos musicais ou situações sonoro-musicais.

A idiossincrasia sonora destacada surge pela facilidade em distinguir a voz dos restantes instrumentos e sons e, adicionalmente, a facilidade de distinguir e identificar cada voz individualmente. Especificando melhor este último aspecto, nenhum outro tipo de som pode ser tão bem diferenciado dos seus semelhantes. Por exemplo: uma pessoa pode diferenciar, através da fala, centenas de vozes individualmente. Entre familiares, amigos, conhecidos, cantores, actores de cinema, vozes da rádio e televisão, esse número facilmente é alcançado.

Logicamente há vários factores a considerar na diferenciação da voz de cada indivíduo. Em primeiro lugar surge a necessidade de distinguir a voz cantada da voz falada: eventualmente grande parte das vozes reconhecidas individualmente podem sê-lo apenas pela fala. E em relação ao canto há que ter em consideração que certos estilos musicais tendem a criar um arquétipo sonoro, tendendo a estilizar o canto duma forma mais abstracta, com técnica sistematizada e de pendor interpretativo, como por exemplo o canto lírico. Sem esquecer a existência de técnicas vocais muito específicas que eliminam o tom individualizado de cada voz, como o canto *difónico*[783/784].

---

[783] Ou "canto de harmónicos", ou seja, dois ou mais sons em simultâneo. Em inglês designa-se por *overtone singing*, *harmonic singing* ou *throat singing*.

[784] Exemplo musical de canto *difónico*: https://www.youtube.com/watch?v=p_5yt5IX38I

Ainda assim, e tendo em consideração o que foi referido anteriormente, atente-se aos seguintes nomes: Elvis Presley, Frank Sinatra, Billie Holliday, Louis Armstrong, Mick Jaegger, Nat King Cole, Freddie Mercury, Tom Jobim, Edith Piaf e Julio Iglesias. São apenas dez vozes notáveis e mundialmente identificáveis apenas auditivamente. Um melómano poderá facilmente identificar muitas mais. Poder-se-á contrapor que são conhecidas não só pelo sua voz, mas também pelas canções e respectivas letras, estilos musicais, acompanhamentos e arranjos instrumentais. Mas, de facto, todos eles cantam com o mesmo instrumento (a voz) e, no essencial, mantém-se o mesmo princípio de destaque individual.

Em termos de mimetização sonora a voz humana possui qualidades notáveis, portadora de uma flexibilidade sonora capaz de simular o som de objectos, instrumentos musicais[785] e ocorrências sonoras[786]. A capacidade de mimetização tanto pode ser estilizada como real. Estilizada no sentido em que a sua flexibilidade permite destacar partes específicas e comportamentais do som, permitindo reconhecer perfeitamente o objecto sonoro mimetizado assumindo ao mesmo tempo que se trata da voz[787]. Real no sentido em que a mimetização confunde-se com o som mimetizado, até ao ponto de a voz deixar de ser ouvida como tal[788].

A ideia de denominar *verbofone* deriva da capacidade única de a voz encarnar o verbo, o som com conteúdo semântico e literário, o porta estandarte da linguagem humana. A música vocal foi, ao longo dos séculos, transmissora de textos sagrados e literários, integrada em formas e géneros musicais como a ópera, o *lied*, diversos géneros de música religiosa, a canção *pop*, só para enumerar alguns exemplos mais ilustrativos.

4. Musafone

Alguns pensadores do século XIX, como Liszt e Schopenhauer, consideraram a música instrumental como a arte romântica ideal, justificada pela sua liberdade em relação às coisas concretas, palavras e imagens. Essa condição permite-lhe evocar impressões, pensamentos e sentimentos que extravasam o que a palavra permite expressar (Hanning, 2010, p. 407).

A voz cantada como emissora de conteúdo verbal levanta algumas questões filosóficas e estéticas sobre a expressão musical. No século XIX houve um diferendo entre duas correntes de pensamento musical. De um lado, os defensores da música programática e formas musicais inovadoras; do outro lado, os defensores da música absoluta e tradição das formas musicais. Do lado progressista os compositores e pensadores Wagner e Liszt; do lado conservador o compositor Brahms e o crítico musical Hanslick (Michels, 2007, p. 437).

A música programática – sendo inteiramente instrumental – tem como base uma narrativa implícita, uma ideia literária subjacente. Por contraste, a música absoluta é baseada somente em

---

[785] Michael Winslow em imitação de guitarra eléctrica: https://www.youtube.com/watch?v=QxcCC2g1Ke0

[786] Anúncio de Honda Civic feito por coro de vozes: https://www.youtube.com/watch?v=gjyWP2LfbyQ

[787] Anúncio da Volkswagen com crianças a imitar sons de automóveis: https://www.youtube.com/watch?v=SJL15n5P9BU

[788] Michael Winslow imitando diversos sons: https://www.youtube.com/watch?v=e9RmFZgNqf0

aspectos formais abstractos e puramente musicais, sem necessidade de qualquer tipo de referência extra-musical. Segundo Grout & Palisca (2007, p. 574) "O conflito entre o ideal romântico da música puramente instrumental como modo de expressão supremamente romântico, por um lado, e o forte pendor da música oitocentista, por outro, resolveu-se no conceito de música programática".

A relação entre literatura e música é revestida de elevado interesse no movimento romântico do séc. XIX. A maneira de conciliar a voz como veículo verbal de transmissão de ideias concretas e o assimilar musical de conteúdos literários é um assunto deveras empolgante. Se por um lado Liszt defende a música instrumental como a arte romântica ideal, este compositor húngaro é um dos mestres de música programática, nomeadamente através dos seus poemas sinfónicos. Se por outro lado Brahms é um defensor da música absoluta, este compositor alemão tem obras vocais de grande destaque, como exemplo o *Um Requiem Alemão*[789], numerosos *lieder* e as valsas *Liebeslieder*.

Uma maneira de conciliar este aparente diferendo encontra solução em duas características profundamente ligadas à música: **abstracção** e **subjectividade**. A música *per se* é abstracta, no sentido em que as formas musicais são constituídas por organizações, proporções, relações exclusivamente musicais e sonoras; não sendo directamente traduzíveis noutros suportes ou artes. Subjectiva – ou seja, não concreta – pela sua incapacidade de transmitir conceitos ou imagens concretas como o fazem a literatura e as artes plásticas[790].

Poderá o texto retirar protagonismo aos aspectos musicais mais abstractos? A pergunta poderá perder sentido, argumentando que o texto e a música podem ser associados de forma exemplar, como acontece nas formas musicais vocais. Além disso, se o texto na música confere objectividade verbal, a expressão musical permanece abstracta e subjectiva. E é possível o usufruto musical de música vocal mesmo sem compreensão do conteúdo literário.

E como explicar a associação música e texto de forma tão perfeita? Essa explicação poderá vir pela utilização da voz como instrumento unificado de música e verbo, algo que mais nenhum instrumento pode fazer. Mas esse fenómeno de associação musical não é exclusivo da literatura, podendo ser feito com outras artes, como o teatro e o cinema. Exactamente porque a abstracção e subjectividade musical são o suporte da sua **capacidade associativa.**

Para melhor ilustrar estes conceitos, observe-se o caso da música programática. A música programática, sendo concretizada apenas instrumentalmente, encerra em si uma ideia literária, um texto ou uma narrativa, que serve de base para a composição musical instrumental. A associação literária é subjectiva, sendo impossível saber, apenas e através da audição musical, qual a narrativa subjacente na obra. Dois exemplos muito claros: a *Symphonie Fantastique*[791] de Hector Berlioz e a utilização cinematográfica da abertura do poema sinfónico *Also Spracht Zarathustra* de Richard Strauss. São ambos exemplos de música programática, ou seja, são obras onde há um texto ou uma ideia literária subjacente.

---

[789] No original alemão "Ein Deutsches Requiem, nach Worten der Heiligen Schrift".

[790] Pelo menos quando figurativa.

[791] Nome completo: *Symphonie Fantastique: Épisode de la Vie d'un Artiste , en Cinq Parties, Op. 14.*

A música instrumental pode ser associada a uma ideia literária, embora esta última fique desprovida de carácter concreto. A história que está na génese da sinfonia de Berlioz não pode ser concretizada sem o acesso ao texto inspirador ou meta-informação da obra. O melómano poderá sentir emoções, esboçar ideias, construir imagens e narrativas, mas não conseguirá saber qual a história concreta que está por trás. Não que isso lhe traga forçosamente maior ou menor fruição ou compreensão musical. Simplesmente não conseguirá dizer qual a história concreta inspiradora do excerto. O desenvolvimento musical pode encontrar inspiração ou suporte literário, mas a sua qualidade está dependente apenas de aspectos puramente musicais.

A música instrumental – e no exemplo seguinte, toda a música –, pode ser associada a uma imagem. No exemplo do início da obra de Strauss, a maioria dos ouvintes dirá tratar-se da música do filme *2001: Odisseia no Espaço*[792]. Não que ela tenha sido composta para o filme de Kubrick. O carácter abstracto e subjectivo deste excerto musical, mesmo sendo programático, permitiu a sua fusão com as imagens do filme. Assim como o carácter associativo da música vincou o excerto musical ao filme de forma indelével.

Os parágrafos anteriores serviram para transmitir um contraponto aos defensores da voz como instrumento musical. O pressuposto seria que a verbalização do texto através do canto desvia o ouvinte do sentido mais profundo da música, só alcançável plenamente através da música instrumental, sendo o conteúdo literário considerado como extra-musical. Como se a voz, por ser portadora de texto, extravasasse a exclusividade musical presente nos instrumentos sem capacidade de expressão verbal; ou, extremando posições, como se a música vocal fosse um meio misto, literário e musical.

Poder-se-ia contrapor a esta visão a fusão perfeita entre música e texto alcançada por inúmeros exemplos de música litúrgica ou o *lied* do período romântico; ou que as formas vocais são eminentemente musicais em que o texto serve a música como um meio expressivo adicional. Mas poderia ser impossível alcançar uma posição consensual numa matéria tão dependente de uma posição conceptual, sendo pertinente reconduzir a reflexão para um contexto mais circunscrito.

Sendo assim, é possível continuar a defender a voz como instrumento musical, qualquer que seja a posição do diferendo anterior: simplesmente assumindo que a voz é, também ela, utilizada sem conteúdo verbal.

É verdade que a utilização musical da voz tem um contexto histórico muito especial. Durante séculos a voz tem sido quase sempre associada ao verbo. Mas no século XX a voz foi redescoberta e utilizada com novas potencialidades. Kartomi afirma que "no final do século XX a voz foi considerada frequentemente um instrumento musical e foi usada como tal em diversas novas composições" (Kartomi, 2001b, p. 420). A voz como fonte sonora para a música electroacústica, utilizada como fala, canto e matéria sonora (Hettergott, 1999). Compositores como Varèse, Berio, Nono e Ligeti fizeram uso da voz cantada sem verbo, com sonoridades que variam entre massas sonoras contínuas até ritmos baseados na prosódia das palavras. A soprano

[792] Título original: *2001: A Space Odyssey* (1968).

e compositora Joan La Barbara afirma que "sempre estive interessada em usar a minha voz como um instrumento, não apenas para proferir um texto" (Chadabe, 1997, p. 243).

Num âmbito de utilização mais alargada destacam-se o *scat* do *jazz*, o *beatboxing* do *hip-hop*, o *doo-wop* presente no *rhythm and blues* e no *rock and roll, o puirt-a-beul* das ilhas britânicas, o *bol* indiano. Para além disso, já anteriormente Debussy tinha *desverbalizado* a voz em *Sirènes* da peça orquestral *Nocturnes*, dando voz ao imaginário fantástico das sereias. Foi daí que surgiu a inspiração deste tópico: *musafone*, o instrumento das musas. Terá sido o seu som infinitamente belo que Ulisses quis ouvir. Mais que pela beleza das sereias, foi pela sua música, através do seu canto mitológico, que o herói pediu para ser amarrado com os ouvidos libertos, a única maneira de ouvir as musas sem sacrificar a sua grande odisseia.

5. A voz no seio da taxinomia instrumental

Como já foi abordado na secção "2.1.4.3 – Conveniência terminológica", existe uma separação terminológica entre a voz e os demais instrumentos. De facto, essa separação existe, embora possa derivar mais de um critério possível – e certamente pertinente – do que de uma classificação organológica inabalável.

A voz tem sido contemplada na classificação instrumental ao longo do tempo e em diversas civilizações. Na antiguidade da Grécia Helénica a voz foi incluída no grupo dos "instrumentos animados", sendo o grupo dos "instrumentos inanimados" constituído por cordas e sopros (Kartomi, 2001a, p. 420). Além dessa separação, o instrumento vocal foi considerado pelos Gregos como superior a todos os instrumentos inanimados (Kartomi, 1990, p. 120). Ainda segundo Kartomi "esta apreciação instrumental prolongou-se até aos tempos modernos, embora a reputação dos instrumentos inanimados, especialmente cordas e sopros, tenha crescido solidamente" (Kartomi, 2001a, p. 420). A noção grega de superioridade do instrumento vocal persistiu no início do cristianismo na época Romana, devido à ideia sincrética de ser o "instrumento de Deus" (Kartomi, 1990, p. 159).

Na Índia a voz também foi entendida como um instrumento musical: "o escritor Nārada (entre os séculos X a XII) considerou a voz cantada, a par do bater de mãos, como pertencendo a uma das suas cinco categorias instrumentais" (Kartomi, 2001b, p. 420).

Na tradição musical ocidental a voz teve um papel preponderante e duradouro na transmissão de textos e escrituras sagradas, perdendo protagonismo com o desenvolvimento autónomo da música instrumental e a crescente secularização das sociedades ocidentais. O próprio acompanhamento instrumental da música vocal foi tendo uma configuração moldável às circunstâncias. Os aspectos melódicos e literários assumiram grande protagonismo na história da música ocidental. Só no Barroco floresce a chamada música instrumental autónoma (Michels, 2003, p. 25), quer em *ensembles* mistos, quer em configuração exclusivamente instrumental (sonata, concerto, tocata).

Talvez o desenvolvimento extraordinário da chamada música instrumental tenha isolado a voz dos restantes instrumentos. Talvez a evolução tecnológica dos *luthiers* tenha proporcionado centralidade aos artefactos construídos pelo ser humano. O próprio nascimento da ciência moderna proporcionou um desenvolvimento tecnológico que possibilitou a construção de ferramentas cada vez mais poderosas e especializadas, acentuando a diferença entre ferramenta corporal e ferramenta artificial.

Mas a voz nunca deixou de ser um recurso inestimável e, hoje em dia, mesmo sonegando a voz como veículo de expressão musical com conteúdo verbal, continua a ser utilizada como um instrumento musical com recursos sonoros absolutamente extraordinários.

Seja ou não contemplada taxinomicamente, o mais importante é admitir o estatuto instrumental da voz, a sua capacidade de expressar música e constituir-se modelo de inspiração a tantos outros instrumentos.

6. Modelo instrumental

Expostos os pressupostos que assumem, pelo menos em sentido lato, a voz como instrumento musical ou, em alternativa, utilizada como tal, um tópico adicional deve ser mencionado. Para muitos autores, a voz é um recurso musical e instrumental verdadeiramente excepcional e, mais que isso, um modelo e referência para muitos outros instrumentos musicais.

Desde as civilizações antigas que os instrumentos melódicos se inspiram frequentemente, enquanto som e expressão, na voz humana (Michels, 2003, p. 25). Como foi referido, os instrumentos melódicos são comummente, pelo menos metaforicamente, entendidos como extensões da voz humana. Se nos sopros a associação é evidente, noutros instrumentos a expressão vocal é vista como arquétipo expressivo. O próprio termo *cantabile*[793] é mencionado como indicação expressiva na música instrumental. E o conceito de fraseado musical pode ser decalcado da respiração do canto.

A visão dos instrumentos como extensões da voz é também partilhada por compositores e criadores de música electrónica. Para Dexter Morril "é na voz onde tudo começa. Todos os bons compositores, todos os músicos são cantores (...). Os instrumentos electrónicos são, na realidade, extensores vocais em termos de como fazemos música" (Chadabe, 1997, p. 135). Para a compositora e cantora Joan La Barbara, a voz tem sido centro da sua actividade musical multifacetada, considerando-a como o "instrumento original"[794] (Barbara, 2002), utilizando-a com técnicas expandidas [extended] e não convencionais.

A voz encarna na perfeição o conceito de *intimidade de controlo*[795], sendo considerada por Moore como, provavelmente, o seu exemplo máximo, ao qual acrescenta: "o controlo vocal de um cantor é largamente inato e altamente instruído [informed] tanto pela fala como pela música" (1987, p. 258).

A voz é também considerada como um modelo exemplar do processo de síntese sonora. Sobre este aspecto Chadabe resume bem esta potencialidade:

---

[793] Termo italiano para cantável.

[794] Também o nome de uma das suas obras: *Voice Is the Original Instrument* (1976, reeditada em 2016).

[795] Segundo Moore *control intimacy* está relacionado com a correspondência entre o resultado sonoro realizado e as capacidades psicofisiológicas de um instrumentista proficiente. É baseado na percepção subjectiva do controlo entre o momento em que o som é ouvido, as mudanças que podem ser entretanto efectuadas e o tempo que tal demora a ser ouvido (1987, p. 258, 1988, p. 21). Por vezes este conceito pode ser associado com imediatidade, mas pode não ser a mesma coisa: imediatidade pode ser relacionada com uma causa-efeito instântanea (clara, próxima), enquanto que intimidade acrescenta sensação de controlo permanente, mais associada a uma actividade que requer grande domínio ou mestria.

> We can also learn a lot from the human voice. With its expressivity and its complexity of sound modulation in changing from vowels to fricatives to sibilants, and in the immediacy of its translating human intentions into actual sound, the human voice has been viewed by many as the model for an ideal synthesizer.[796] (Chadabe, 1997, p. 243)

Dada a sua complexidade, intimidade e uso comunicacional, a própria voz torna-se numa plataforma interessante para o desenvolvimento e avaliação de novos instrumentos (J. Wang, D'Alessandro, Fels, & Pritchard, 2012, p. 17).

Para finalizar, há que reconhecer que o interesse pelo uso da voz como recurso instrumental é um assunto que pode variar de acordo com a época, estilo e contextos de prática musical. Há compositores que se dedicaram quase exclusivamente à música instrumental. Mas na verdade não há nenhuma civilização ou época sem música vocal, e a voz humana é de facto a personificação musical do ser humano. As últimas palavras sobre esta reflexão ficam a cargo do compositor Tod Machover:

> The human voice is an absolutely remarkable, more than remarkable, it's the great instrument. And I think if you look at the way music developed, clearly one of the reasons to developing instruments was to be able to make music similar what a voice can make, but witch didn't have some of those limitations: So you play a string instrument, you don't have to take a breath.[797] (Machover, 2002)

7. Conclusão

A identificação da voz como instrumento musical não é unânime por uma série de factores, nomeadamente a sua indissociabilidade do corpo humano e conveniência terminológica em relação aos demais instrumentos. Contudo as suas qualidades intrínsecas asseguram-lhe um posicionamento instrumental invejável e uma qualidade de expressão musical inabalável.

Sendo a sua classificação taxinómica extremamente variável e de índole eminentemente conceptual, esta investigação coloca-a numa categoria à parte, considerando-a como um instrumento musical em sentido lato e, acima de tudo, um modelo de inspiração instrumental.

---

[796] "Podemos aprender imenso da voz humana. A sua expressividade e a sua complexidade de modulação sonora na mudança entre vogais, fricativas e sibilantes, a sua imediatidade em traduzir as intenções humanas em som real; a voz humana tem sido vista por muitos como o modelo para um sintetizador ideal" (Chadabe, 1997, p. 243).

[797] "A voz humana é um absolutamente notável, mais que notável, é o grande instrumento. E penso que se se observar o modo como a música se desenvolveu, claramente uma das razões para o desenvolvimento instrumental foi a capacidade de fazer música de maneira similar ao que a voz pode fazer, mas sem ter algumas das suas limitações: ao tocar um instrumento de cordas, não há necessidade de fazer respiração" (Machover, 2002).

APÊNDICE B

Apêndice B: Conceitos tácteis

Conceitos tácteis

O título deste apêndice é, em si, uma pequena provocação: se são "conceitos*"* – pertencentes ao domínio das ideias – não poderão ser tácteis, ou seja, "tocados fisicamente". Mas a verdadeira intenção não é confundir, mas enquadrar uma série de entendimentos sobre esta matéria.

A razão desta reflexão prende-se com a profusão de designações associadas ao conceito de tacto: táctil, háptico, tangível, tocável, toque, entre outras. Em termos de acções genéricas, os objectos podem ser tacteados, apalpados, tocados, friccionados e afagados, para além das acções específicas já mencionadas a propósito da ferramenta mão. E tudo isto é táctil, ou háptico, ou envolve o toque. Mas por detrás desta percepção há, na verdade, diferentes entendimentos, graus e utilizações. É isso que se pretende clarificar neste subcapítulo.

1. A questão da língua

Nos ecrãs dos dispositivos electrónicos de consumo aparecem designações inglesas tais como *touch*, *multi-touch* e *tactile*; e na área dos dispositivos instrumentais mais especializados, acresce ainda termos como *tangible* e *haptic*.

Independentemente da origem etimológica, a palavra "toque" é, na língua portuguesa, verdadeiramente polissémica: acto ou efeito de tocar (no sentido táctil), pancada ligeira (deu um toque com o carro), aviso sonoro (toque do telemóvel, toque da campainha ou da recolha de um batalhão), acabamento (polimento de materiais e textura de tecidos), apenas mencionando alguns. No caso do verbo "tocar", as combinações e significados podem ser ainda mais abrangentes. Mas são dois que vão ser analisados: **(1) tocar**, no sentido de apalpar, contactar, atingir; **(2) tocar**, no sentido de executar, tanger ou fazer soar um instrumento musical.

Começando com o **segundo** significado, a tradução de "performer", na língua portuguesa, não encontra um caminho muito directo: tocador, executante, instrumentista, músico, artista de palco. Estas designações são aplicadas em contextos algo diferentes. Assim sendo, quando alguém tocou bem um instrumento em palco, diz-se que "fez[798] uma boa performance". A melhor tradução para "fez uma boa performance", deverá ser "tocou bem". Ou "interpretou bem", no caso de tocar músicas de outros autores. Ou "dirigiu bem", no caso de um maestro. Nem sempre "executou bem" ou "desempenhou bem" se adequa ao contexto musical.

Em sentido contrário, a tradução do verbo "tocar" (instrumento) para a língua inglesa deverá ser feita principalmente com o verbo "to play". Assim sendo, há uma clara distinção entre "to play" (tocar um instrumento) e "to touch" (contactar alguma coisa), algo que não acontece na língua portuguesa. Por isso, nesta última, é bastante escorreito fazer trocadilhos

[798] Ou "teve".

com o vocábulo “tocar”. Poder-se-á dizer, num tom de humor, que o *theremin* “toca-se sem se tocar”, sabendo-se que “o tocador de *theremin*, quando toca, nunca toca” ou até mesmo “a forma como ele tocou, sem nunca lhe tocar, deixou-me muito tocado”.

Reflectindo sobre o **primeiro** significado (sentido táctil) – aquele que interessa verdadeiramente para esta análise – há várias formas de tocar. Dois exemplos muito claros, usando conceitos tácteis mais alargados: (1) “o jogador de futebol caiu logo após o adversário lhe ter tocado”, no sentido de um contacto simples e temporalmente limitado; (2) “o massagista apalpou-lhe a zona dorida”, uma acção táctil que requer um contacto complexo, com um grau de antecipação táctil e reajustamento gestual contínuo, uma acção temporalmente contínua e alargada. De salientar que se alguém pode tocar em alguém de forma inadvertida, o mesmo não se aplica ao apalpar. Sendo assim, importa reconhecer vários graus de tactilidade, aquilo que está envolvido e o modo como se processam.

2. Delimitação táctil dos eixos XYZ

Esta subsecção vai apresentar várias tipologias aplicáveis a superfícies planas, segundo o entendimento desta investigação. Para melhor compreensão espacial, os eixos XY são entendidos na horizontal, como o tampo de uma mesa: o eixo Y como um eixo norte-sul; o eixo X como um eixo oeste-este. O eixo Z deverá ser entendido como o eixo perpendicular (vertical) das coordenadas horizontais XY, tal como ilustrado anteriormente na “Figura 17. Esquema dos eixos X, Y e Z dos controladores com capacidade de expressão 3D” (p. 29). Pode-se afirmar que esta disposição é, em vários casos, uma conveniência, uma vez que a lógica de pressionar algo horizontal – como um tampo de uma mesa – pode ser a mesma que pressionar algo vertical – como uma parede. Mas nem sempre é assim: pressionar a superfície de um líquido é, pela força da gravidade, forçosamente horizontal.

2.1. O eixo Z como pressão num ponto

Numa determinada superfície plana, o contacto físico mais elementar é “tocar nela”. Aquilo que pode ser tocado, é tangível. Aquilo que não pode ser tocado, não é tangível, ou por outras palavras, é intangível. Essa é a condição mais básica, tal como está esquematizado no rectângulo “tangível/intangível” da Fig. 1. Do ponto de vista humano, é o acto mais primordial quando se toca numa coisa física tangível e o pré-requisito essencial para avançar na análise dos diversos tipos de contacto.

Depois do exposto no parágrafo anterior, vai ser analisado **o grau de reacção das coisas contactadas**. Quando algo é tocado, o resultado mais básico é o “não resultado”, ou seja, reacção “0”. Ao tocar em algo que permanece na mesma, pode-se dizer que a sensibilidade e escala são nulas, ou seja, “0”.

As coisas tocadas podem ter uma resposta binária, do tipo “sim-não”, “ligado-desligado” ou, mais resumidamente, “0/1”. Não está em questão a quantidade de pressão exercida, mas sim as respostas possíveis daquilo que é pressionado.

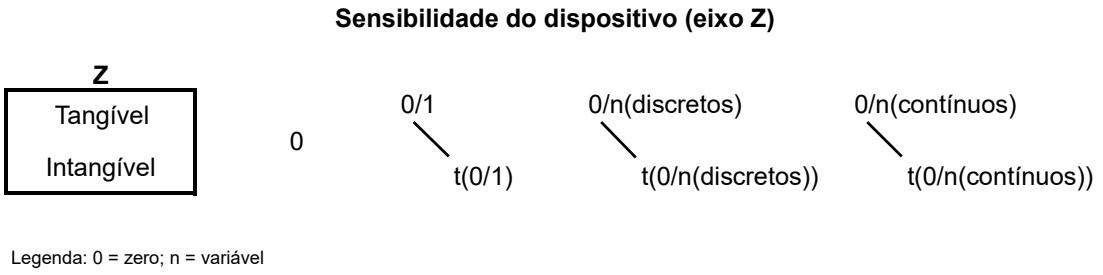


Fig. 1. Diversos graus de aquisição de táctil.

Em relação à resposta "0/1", uma outra variável vai ser adicionada: o tempo, representado por "t". Assim sendo, algumas coisas reagem binariamente ao toque; outras reagem binariamente ao toque passado algum tempo. A electricidade, por exemplo, ao encontrar um ponto condutor, passa instantaneamente, independentemente da potência. O mesmo não acontece com a temperatura; ou o acumular de energia de uma mola que, a partir de um certo ponto, vai mudar de posição. A variável tempo vai ser aplicada aos passos seguintes, mantendo-se o princípio exposto neste parágrafo.

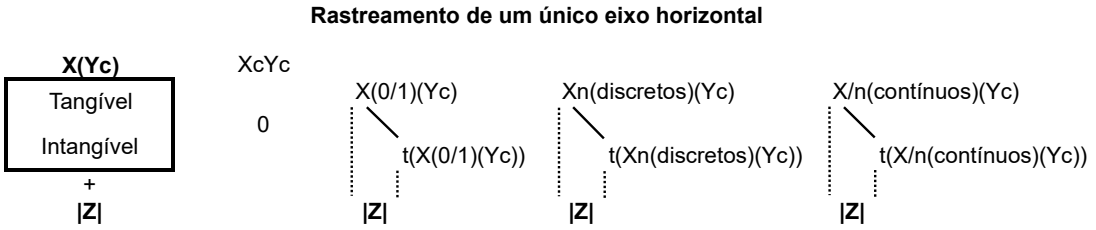
Um grau superior de resposta táctil é a capacidade de adquirir valores discretos entre o "0" e "1". Isso significa que é possível adquirir "n" valores intermédios delimitados por degraus, ou seja, há um momento em que se passa de um valor para outro, com vários degraus intermédios, ou seja, sem uma gradação contínua. A este âmbito é acrescentada a variável "t" (tempo), tal como foi feito anteriormente.

O âmbito mais elevado será aquele que consegue adquirir valores contínuos entre o "0" e "1". Em teoria, o número de valores intermédios pode ser tendencialmente infinito. Nos sistemas digitais, esse infinito é convertido, em algures, em abstracções codificadas, sendo portanto um "falso infinito". Nos sistemas analógicos e no mundo físico real, esse infinito é delimitado pela fisicalidade das coisas que o compõem. A este âmbito é acrescentada, mais uma vez, a variável "t" (tempo).

A variável "n" diz respeito ao número de valores adquiridos, ou seja, o conjunto de valores diferenciáveis ou discernidos. Na aquisição discreta, está relacionada com a soma dos valores extremos com os valores discretos intermédios. Na aquisição contínua, em teoria, está apenas relacionada com os valores extremos, partindo do princípio que existe uma infinidade de valores intermédios. Num sistema discreto, logicamente, se o número de valores intermédios for de apenas "1", significa que apenas terá 3 valores diferentes (exemplo: {0, 1, 2}), aproximando-se da lógica "0/1"; da mesma maneira que a adição sucessiva de valores intermédios dará a sensação, a partir de um certo ponto, de tratar-se de um sistema contínuo. No fundo é o que se passa num sistema de aquisição digital, onde num dado momento há sempre uma conversão da realidade para valores numéricos, mesmo que a resolução assegure um resultado sensorialmente contínuo.

2.2. Rastreamento de um único eixo horizontal

A mesma lógica pode ser aplicada a um eixo horizontal, seja ele X ou Y. Por uma questão de conveniência vai ser escolhido o eixo X (oeste-este), onde o Y tem uma posição constante (Yc). Mas a mesma lógica poderia ser aplicada ao eixo Y (norte-sul), com o X em posição constante. O valor Z pode ser qualquer um apresentado no esquema da Fig. 2.



0 = zero; n = variável; c = valor constante.
X = variável de trabalho; Y = constante.
A mesma lógica pode ser aplicada ao eixo Y. Nesse caso: Y = variável de trabalho; X = constante.

Fig. 2. Rastreamento de um único eixo horizontal.

2.3. Rastreamento dos eixos XY

O rastreamento é, conceptualmente, mais complexo, porque inclui movimento XY. Assim sendo a variável Z pode ser aplicada ao rastreamento XY tal como foi indicada anteriormente, qualquer que seja o rastreamento XY. De modo a depurar as formas mais básicas de associação XY, elas podem ser esquematizadas da seguinte maneira (Fig. 3): "não haver" rastreamento ("0"); haver rastreamento de um dos eixos, sendo o outro constante; haver rastreamento de ambos os eixos XY.

A estas associações juntam-se as variáveis do tempo ("t") e do eixo Z, tal como foram expostas anteriormente.

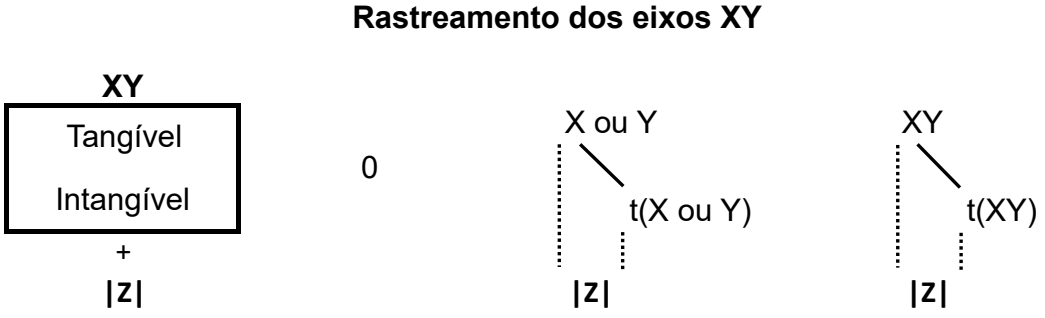


Fig. 3. Diversos graus de aquisição de rastreamento.

2.4. Esquemas híbridos XYZ

Naturalmente todas as variáveis podem ser combinadas em todas as suas variantes, gerando consequentemente mais combinações. Assim sendo, e seguindo a lógica de toda a secção, vai ser apresentado um exemplo de rastreamento de tangibilidade, do ponto de vista do dispositivo:

$$t(Xn(contínuo)) + Yn(discretos) + t(Z(0/1))$$

Analisando a abstracção, ela significa que a superfície é tangível e adquire a seguinte informação:

- Eixo X: rastreamento posicional contínuo com mediação temporal;
- Eixo Y: rastreamento posicional discreto;
- Eixo Z: aquisição gravitacional binária.

Apresentando outro exemplo:

$$t(X(0/1)) + Yn(contínuo) + t(Zn(contínuo))$$

Analisando a abstracção, ela significa que a superfície é tangível e adquire a seguinte informação:

- Eixo X: rastreamento posicional binário com mediação temporal;
- Eixo Y: rastreamento contínuo;
- Eixo Z: aquisição gravitacional contínua com mediação temporal.

3. Grau de tangibilidade

Aquilo que é tangível significa que é tocável ou, no limite, dá a percepção que tal acontece. Dito por outras palavras, e de uma maneira informal, é o contacto com determinada matéria que oferece uma resistência perceptível. Dentro desta definição, é possível discriminar vários graus de percepção (Fig. 4.).

De notar que o grau de tangibilidade aplica-se apenas ao contacto material mais básico (tomar contacto) e prende-se fundamentalmente com o tipo de matéria e respectivo comportamento em relação ao seu contacto físico. Há, contudo, situações extremas do estado da matéria que desafiam os limites físicos do utilizador, alterando a percepção daquilo que é tangível, como será desenvolvido ao longo desta secção.

3.1. Matéria tangível

Analisando os vários estados da matéria, tudo o que é líquido ou sólido é tangível, ou seja, o seu contacto é perceptível. Este entendimento resulta do facto destes dois estados da matéria oferecerem oposição material suficientemente densa para que tal seja notada. Ainda dentro destes dois estados é possível discriminar vários graus de tangibilidade, de acordo com a maneira como a oposição é feita, nomeadamente com as características do estado da matéria e respectivo comportamento ao seu contacto.

Nos sólidos é possível distinguir entre as matérias rígidas e elásticas. Dentro das rígidas contam-se as não comprimíveis. Outras são menos rígidas (ou até moles), sendo comprimíveis, embora sem retorno ao estado pré-compressão. As matérias elásticas são as matérias sólidas comprimíveis e/ou esticáveis que retornam ao estado de repouso após o término das referidas acções.

É possível distinguir as matérias elásticas das matérias flexíveis, sendo este último conceito muito dependente de outras variáveis como o tamanho e suporte. Exemplificando com uma barrote de metal: caso o suporte esteja nas extremidades, existe um coeficiente entre a distância do suporte e a espessura do barrote em que, a partir de uma certa proporção, ele começará a baloiçar caso seja aplicada alguma pressão (Fig. 4, 1º exemplo de flexível). O mesmo se aplica, por exemplo, a uma régua de plástico presa numa das extremidades (Fig. 4, 2º exemplo de flexível). É este o fenómeno que permite, com uma disposição em espiral, fazer molas para suspensão de automóveis.

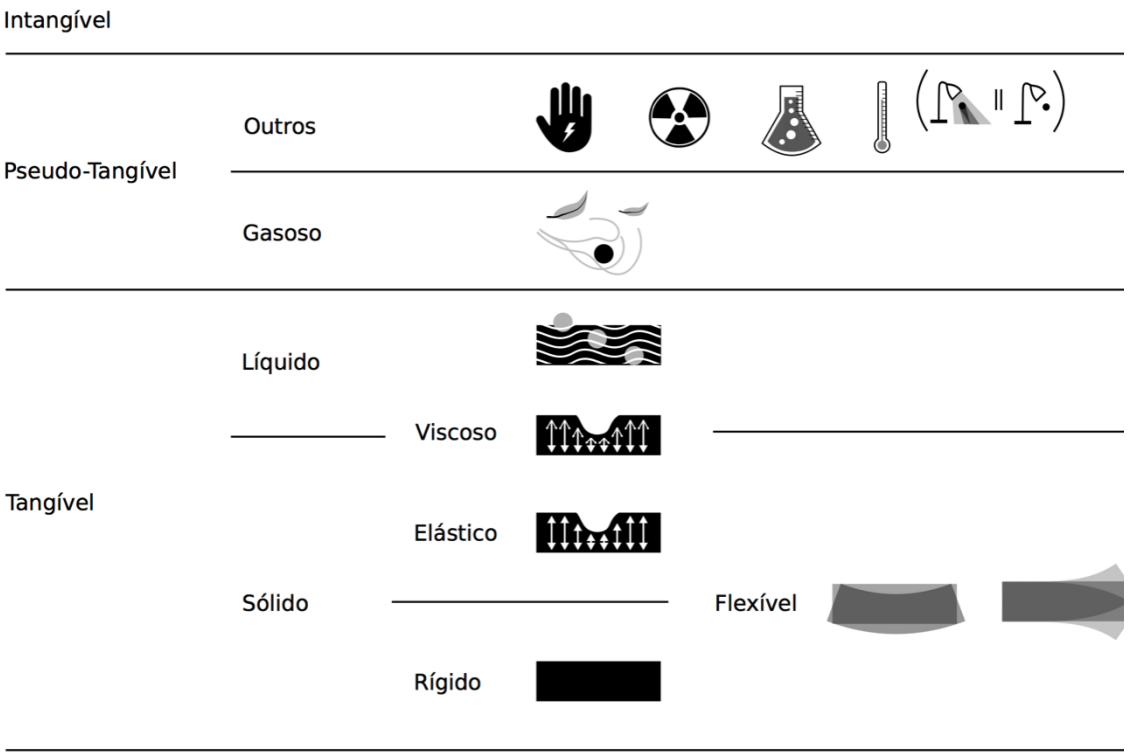


Fig. 4. Diversos graus de tangibilidade.

Se as matérias elásticas são, por defeito, flexíveis por serem comprimíveis e/ou esticáveis, o conceito de flexibilidade aplicado às coisas rígidas está mais ligado à auto-sustentação rígidas do que a um retorno elástico da própria matéria. Assim sendo, uma matéria relativamente rígida – como a mola metálica da suspensão de um automóvel –, pode apresentar certas características de elasticidade, devido à sua forma.

Mas o próprio material da mola, mesmo rígido, pode apresentar diferenças notáveis: uma possível mola de granito teria uma flexibilidade muito limitada devido à sua rigidez estrutural; por outro lado, há uma certa elasticidade no metal que, apesar de poder ser considerada uma

matéria rígida na sua globalidade, possui alguma elasticidade que permite acomodar alguma compressão (e, por conseguinte, alguma torção).

A matéria sólida – entendida como um corpo de uma só peça – não é atravessável por outro sólido sem provocar uma abertura permanente. Isto significa que só rompendo ou abrindo um orifício poderá ser trespassável. Embora o atravessamento de líquidos em sólidos porosos possa ser observado, na verdade há que considerar o coeficiente entre a densidade do líquido e o grau de porosidade da matéria sólida. Mas os líquidos, devido à sua natureza, podem ser pulverizados e novamente juntos, não sendo um objecto, mas sim uma matéria amorfa. Por isso é de considerar o "não atravessamento" como um fenómeno de sólido com sólido.

A matéria líquida é toda aquela que, sendo incompressível, se ajusta em termos de forma, a toda a matéria sólida. É, também ela, atravessável por matéria sólida, excepto nos casos em que esta última se dissolva por reacção química.

A inclusão de matéria líquida no conceito de tangível pode levantar algumas dúvidas pela sua utilização ser, nos dispositivos instrumentais, pouco significativa. Contudo, em termos de conceito básico, os líquidos são alcançáveis, tocáveis e oferecem resistência material ao toque humano[799]. Um notável exemplo da utilização da água em contexto instrumental é o *hydraulophone* (Mann & Janzen, 2009) que, para além de produzir som apenas pela vibração da água em si mesma, a superfície de aquisição gestual é ela própria constituída por jactos de água.

3.2. Matéria pseudo-tangível

Matéria pseudo-tangível é toda a matéria que, não sendo tangível à partida, adquire esse estatuto em determinadas condições mais ou menos extremas. Mas antes de prosseguir, há uma questão prévia a delimitar: o que é que tange, ou seja, se aquilo que tange é directamente o corpo humano. As condições de tangibilidade podem alterar-se conforme as ferramentas de extensão (baquetas, teclas, alavancas, entre outras) e material de protecção (luvas, gorros, materiais isolantes). Neste tópico – e para efeitos de delimitação – o conceito de tangibilidade está associado ao tanger directo do corpo humano com algo potencialmente tangível.

Um exemplo comum de pseudo-tangibilidade é o gás sob efeito de movimento ou pressão. Qualquer gás, a partir de uma determinada pressão ou movimento, pode tornar-se tactilmente perceptível e fazer oposição material equivalente à de um sólido ou líquido. Observe-se o seguinte caso: a mão que fica suspensa no ar quando exposta a uma massa de ar em movimento, como por exemplo esticar a mão fora da janela do carro quando este se desloca a determinada velocidade. É possível imaginar um dispositivo de gás cuja oposição física humana, ao alterar o próprio fluxo de gás, pudesse ter consequências sonoras. O próprio sopro humano ao ser contrariado com um dedo em movimento, faz uma modulação sonora enquanto houver fôlego. Mas este exemplo pode ser posto em questão contra-argumentando que, caso a pessoa queira, o dedo pode sempre quebrar esta barreira gasosa e apenas ficar imobilizado em contacto com matéria sólida – neste caso os lábios. Mas, como nos exemplos seguintes, a

[799] Um interessante exemplo de morfologia variável é apresentado por (Nakagaki, Totaro, et al., 2016), onde, através da projecção de água, é criado um fluxo de ar-água, proporcionando uma tangibilidade simultaneamente concreta e difusa.

oposição deve-se a uma questão de intensidade e escala. Sendo assim, jactos de ar muito intensos não conseguem ser atravessados por seres humanos, como o vento de certas tempestades ou a exaustão de um motor de avião a jacto.

Dentro de um contexto mais musical, a utilização de som tem sido utilizada para levitar objectos muito leves[800] e a própria radiação da pressão acústica utilizada como retorno táctil, como no caso do dispositivo *Sonic Beams* (Ciglar, 2010b, 2010a).

Existem outras situações onde diversos factores podem tornar qualquer matéria – mesmo em estado gasoso – tão agressiva para o ser humano que o simples contacto ou aproximação forma uma barreira intransponível (Fig. 4, pseudo-tangível, "Outros"). Um exemplo muito comum é o choque eléctrico: quem nunca não experimentou o "esticão" proporcionado por este fenómeno? Esta pergunta pode ser respondida com outra: mas pode a electricidade ser considerada tangível? A verdadeira resposta só poderá ser dada de acordo com o critério de tangibilidade escolhido. Para esta investigação, o conceito de tangível é associado à percepção humana e, como tal, susceptível de vários entendimentos. No caso da electricidade e de outros fenómenos, existe um reflexo de repulsa – voluntário ou involuntário – perante algo fisicamente muito adverso.

A fronteira entre tangível e pseudo-tangível pode ser difícil de definir. Se o critério de tangibilidade for a oposição física a qualquer coisa inerte, então o gás sob efeito de pressão pode ser, de facto, intransponível. Seja o corpo humano, um martelo ou outra matéria inerte, a pressão do jacto irá sempre, a partir de um determinado momento, fazer oposição efectiva. No caso da electricidade, o corpo humano só consegue ter repulsa em determinadas condições e os corpos inertes não possuem esse reflexo.

Por outro lado, existem condições de intangibilidade em que o ser humano não tem nenhum retorno táctil (faça-se a experiência de olhos vendados) e outros em que sente algo, embora não seja palpável. É neste último entendimento que se insere o conceito de pseudo-tangível referente à electricidade e outras situações doravante expostas. Esta sensação de intangibilidade-apreensível pode variar entre um mero "ruído sensorial" e um "muro supra-sensorial". No primeiro caso trata-se de apenas de uma apreensão de sensações; no segundo caso uma situação que excede os limites humanos de encaixe de apreensão sensorial.

Outros fenómenos podem contribuir para uma pseudo-tangibilidade das coisas, como a temperatura (frio e calor, seja ou não associado à luz), a radiação atómica e as reacções químicas. O choque térmico é, tal como o choque eléctrico, bastante comum na experiência quotidiana. A vulgar queimadura provoca um movimento involuntário de repulsa, tal a sensibilidade humana ao calor extremo. Existem várias gradações de calor que podem ser percepcionadas num gás. Mas, a partir de um certo ponto, há uma barreira inultrapassável sob o risco de perda de sensibilidade ou risco de integridade física. De referir que as condições de pseudo-tangibilidade podem ser conjugadas. O movimento e pressão dos gases são acompanhados com variação ou sensação de variação de temperatura. Assim como qualquer coisa muito quente formará dinâmicas de movimentação do ar circundante.

---

[800] https://www.youtube.com/watch?v=669AcEBpdsY

No que diz respeito à pseudo-tangibilidade radioactiva e química, há sempre um limite teórico para a sua tolerância e percepção. Há contudo uma diferença em relação aos fenómenos anteriores: muito antes da sua percepção física, poderá estar em causa a integridade física do ser humano; pelo que a percepção do choque de tangibilidade nessas situações será, provavelmente, uma experiência fatal.

4. Conceitos tácteis particulares

4.1. Submersão e atravessamento

Os líquidos, pela sua natureza, são atravessáveis, uma vez que se moldam aos sólidos. Nesse sentido, em vez de falar em atravessamento, talvez faça mais sentido falar em submersão. Dentro da submersão há que ter em conta que ela pode ser natural ou forçada. Esta classificação está dependente da densidade do líquido e da matéria sólida submergida. Uma bola de *ping-pong* ou uma esfera de chumbo têm comportamentos bastante diferentes: a primeira flutua, necessitando de pressão para submergir; a segunda afunda-se rapidamente.

A matéria sólida, por definição não é atravessável sem algum tipo de ruptura. Contudo, há uma observação a fazer: pode haver superfícies sólidas com atravessamento sem ruptura, no caso de ser constituída por partículas independentes (Fig. 5). Assim sendo, é possível atravessar um recipiente com areia ou esferas de esferovite[801].

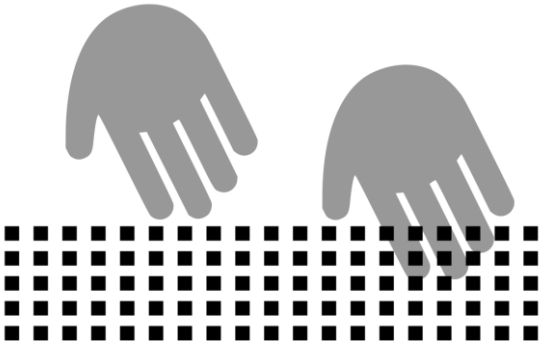


Fig. 5. Atravessamento de partículas sólidas independentes.

4.2. O conceito de viscoso

A viscosidade da matéria pode constituir um desafio na definição de líquido e sólido, podendo estar entre os dois estados. Antes de prosseguir com a explicação, convém fazer um ponto prévio: esta concepção é subjectiva e resulta duma reflexão empírica sobre o conceito de tangibilidade.

Esta mistura de estados da matéria pode ser observável no óleo: pode ser tão fluído que se comporta como um líquido; pode ser tão viscoso que partilha algumas características com os sólidos. No caso de baixa viscosidade, ou seja, com um comportamento de líquido, aplicam-se

[801] Exemplos de utilização musical deste tipo de materialidade é efectuada por *PebbleBox* e *CrumbleBag*, com aquisição de dados por microfone (O'Modhrain & Essl, 2004); e pelo projecto DIRTI (Dirty Tangible Interfaces), com aquisição de dados por meios ópticos (Savary, Schwarz, & Pellerin, 2012).

as propriedades do líquido, com destaque para a submersão. No caso de altíssima viscosidade pode apresentar semelhanças com os sólidos: um sulco no asfalto sem retorno ao estado inicial; ou um fazer um orifício num óleo solidificado. Contudo, há uma grande diferença com os verdadeiros sólidos: em caso de atravessamento pode haver um retorno à posição inicial e cicatrização da rasura, por muito demorado que seja o processo. Neste aspecto, comporta-se como um líquido.

Por fim, a variação de viscosidade num óleo está interligado à sua temperatura. Nesse sentido, embora uma determinada substância viscosa possa parecer sólida, a diferentes temperaturas corresponderá diferentes tempos de cicatrização. Note-se que o gelo, por exemplo, sendo sólido, mantém as mesmas características de dureza, qualquer que seja a sua temperatura. E no caso de derreter, a partir do momento que é líquido, a sua viscosidade permanece a mesma até ao ponto de ebulição. Por isso o conceito de viscosidade está ligado a uma gradação contínua entre sólido e líquido, dificilmente enquadrável apenas num dos estados.

4.3. O conceito de super-tangível

Este conceito está ligado à possibilidade de algo ser preênsil[802]. Para que isso possa acontecer, tem de respeitar duas condições: (1) ser sólido; (2) ter uma forma que permita que isso aconteça. Exemplificando o conceito: uma parede, apesar de tangível, não é preênsil. Mas uma raquete de ténis, uma espada, uma corda ou um clarinete já o são.

Qualquer coisa preênsil permite uma interacção acrescida em relação àquilo que não o é. É certo que muitos outros factores estão envolvidos, nomeadamente a forma geral, o peso e o volume. Mas não deixa de ser relevante que muitos dos instrumentos musicais associados ao conceito de *intimidade instrumental*[803] são, de facto e salvo alguma possível excepção, preênseis. As coisas preênseis permitem uma manipulação mais livre e um manuseamento mais complexo, especialmente se o preênsil puder ser feito apenas com uma mão, podendo ainda contar com a conjugação da outra.

Aquilo que é amplectivo[804], é preênsil apenas com ambas as mãos. E qual a fronteira entre aquilo que é preênsil e aquilo que é amplectivo? Certamente é uma fronteira difícil de definir. Mas pode-se aferir a existência de diversos graus, mesmo que a sua circunscrição não seja clara: desde um tampo de uma mesa apenas preênsil com ambas as mãos, sendo amplectivo; até um *tablet* de 12 polegadas que, sendo preênsil com uma mão, dificilmente dispensa ambas as mãos para o manuseamento para o qual foi destinado. Para além disso, factores como o tamanho, forma e peso poderão influenciar a distinção entre o que é preênsil e amplectivo.

---

[802] No sentido de poder ser feita preensão. Utilizando um vocábulo adaptado poder-se-ia dizer "agarrável", ou seja, aquilo que pode ser agarrado; ou segurável, com o sentido de aquilo que pode ser segurado (fisicamente).

[803] Na literatura científica em língua inglesa existe o conceito de "intimacy" aplicada aos dispositivos instrumentais.

[804] No sentido de amplexo, abraço. Utilizando um vocábulo adaptado poder-se-ia dizer "abraçável", ou seja, aquilo que pode ser abraçado (fisicamente).

Um assunto deveras curioso deriva da diferenciação de tamanho entre um *tablet* e um *smartphone*. Qual o critério de diferenciação morfológica entre ambos, partindo do princípio comparativo que ambos têm as mesmas funcionalidades? Um critério objectivo poderá emergir da diferenciação de tamanho e respectiva possibilidade de manipulação: o limite máximo do tamanho de um *smartphone* poderá ser o limite a partir do qual deixa de ser preênsil apenas com uma mão. Se o tamanho destes dispositivos tem aumentado ao longo dos anos – de modo a obter imagens e área de interacção de maiores dimensões –, este crescimento poderá cessar a partir do momento em que se deixa de ser preênsil com apenas com uma mão. É certo que pode ser manuseado com ambas, beneficiando da complementaridade gestual e manipulação acrescida. Mas dificilmente alguém considerará um *smartphone* um dispositivo em que a simples sustentação tenha de ser feita com ambas as mãos.

No seio dos dispositivos instrumentais existem diversos exemplos que se inserem dentro do conceito de super-tangível, como os "instrumentos agarráveis"[805] (Fishkin, Moran, & Harrison, 1998; Fitzmaurice et al., 1995; Jordà, 2005b; Newton-Dunn, Nakano, & Gibson, 2003) e os "instrumentos espremíveis"[806] (Weinberg & Gan, 2001), aproveitando ao máximo os conceitos de manipulação em qualquer eixo e, no caso de serem comprimíveis, uma associação de acção táctil com um retorno de maneabilidade escultural.

Por fim há que relembrar que o conceito de super-tangível diz respeito ao dispositivo no seu todo, o que nem sempre acontece nos exemplos anteriores, ou seja, só é aplicável uma parte deles. Nesse aspecto, as baquetas do tímpano são preênseis, mas não propriamente o tímpano. No caso do violino, quer o seu arco quer o seu corpo são preênseis. No caso dos "instrumentos espremíveis" há que ter em consideração que o termo também se aplica ao instrumentos de fole da família do acordeão. De notar o conceito tácito de espremível como uma especialidade de preênsil: aquilo que é espremido tem, quase obrigatoriamente[807], de ser preênsil. Por isso, apesar de poderem possuir foles, os órgãos não se inserem desse conceito, precisamente por não serem preênseis. Um bom exemplo de um dispositivo que aproveita o conceito de espremível (e consequentemente preênsil) é *The Sponge* (Marier, 2010, 2012).

4.4. O enchimento líquido

Este conceito deriva do enchimento de um sólido elástico com um determinado líquido. Neste caso acumula algumas características dos líquidos, como o volume constante e possibilidade de moldar-se a várias formas; mas acaba por ser um sólido, uma vez que, por muito flexível que seja, não é atravessável.

---

[805] Do inglês "graspable instruments".

[806] Do inglês "squeezable instruments".

[807] Quase obrigatoriamente, porque determinados instrumentos, apesar de espremíveis, são demasiado grandes para serem preênseis. Um exemplo dessa situação é um dispositivo colectivo presente na "Brain Opera" (1996) de Ted Machover. Esse dispositivo, chamado "árvore de sacos de ritmos" é constituído por vários objectos espremíveis embutidos numa estrutura não preênsil, sendo na altura, "o maior equipamento de percussão electrónica, constituído por 320 membranas [drumpads] inteligentes, organizadas em 10 conjuntos de 32 membranas cada" (J. Paradiso, 1999, p. 135).

4.5. Unidade e segmentação

Um aspecto interessante é o facto de a superfície ser constituída por uma só peça ou por um conjunto de várias. Já anteriormente tinha sido referido, a propósito do atravessamento de um sólido, a possibilidade da superfície ser constituída por partículas separadas e independentes.

Sendo assim, várias situações de segmentação podem ser previstas: (1) corpo inteiro, (2) segmentos solidários e (3) segmentos independentes. A Fig. 6 esquematiza essa situação, mas deve ser notado que está implícita a sua aplicação a sólidos rígidos. No caso de um corpo inteiro bastante elástico, é possível tanger uma parte da sua superfície sem interferir obrigatoriamente no seu todo.

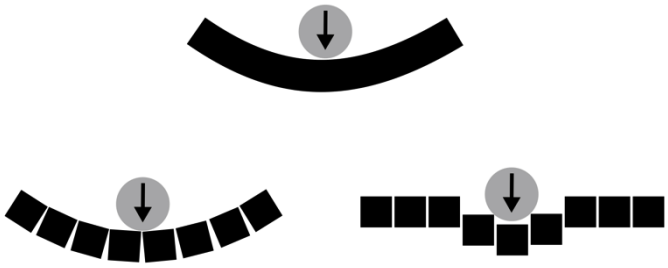


Fig. 6. Superfícies segmentadas: solidárias e independentes.

4.6. Movimento e reacção

Outra questão importante é aferir se a superfície tangível é fixa ou móvel. Seja em parte ou no seu todo, aquilo que é tangível pode, ou não, ser movimentado. Aquilo que é movimentado pode sê-lo na totalidade do seu segmento ou de forma parcial. Na Fig. 7 estão ilustrados dois exemplos desta situação: no primeiro, a superfície movimenta-se na totalidade, como o caso de um botão de acordeão; no segundo, movimenta-se parcialmente, uma vez que há um fulcro, como caso da tecla de um piano.



Fig. 7. Exemplos de movimento e reacção.

A questão do movimento e reacção da superfície tangível é um assunto que pode envolver outras variáveis como a rotação (potenciómetros), torsão (cordas), rolamento (esferas) ou deslocamento (guizo). A conjunção destas variáveis, com tudo o que foi dito neste subcapítulo, seria suficiente para um esquema de classificação de tangibilidade de grande complexidade. Mas, neste momento, o mais importante é aferir a sua existência e pertinência.

5. Espelhamento táctil

Espelhamento táctil é o princípio segundo o qual o conjunto táctil daquilo que é artificial poderá ter equivalência humana, ou seja, com uma aquisição táctil equivalente. Este princípio, na sua complexidade máxima, pode incluir tudo o que morfologicamente e cineticamente estiver relacionado com o tacto. Por isso, por extensão, o espelhamento táctil de um polvo envolve, necessariamente, variáveis diferentes do espelhamento táctil humano.

A máquina, através dos seus sensores, pode medir as mais diversas variáveis, muitas das quais inacessíveis ao ser humano. Consegue ver o que o humano não consegue (infravermelhos), consegue ouvir o que o humano não consegue (ultra-sons e infra-sons). Em termos hápticos, os avanços tem sido notáveis no desenvolvimento de superfícies maleáveis (*soft robots* e *soft interfaces*), assim como a tecnologia presente na robótica moldável, como por exemplo a "oribótica"[808/809] ou os átomos radicais apresentados no "Capítulo 1 - Introdução". A série de conferências TEI[810] (*Tangible, Embedded and Embodied Interaction*s) é palco de um campo em grande crescimento onde, para além dos avanços tecnológicos, os campos da interacção e arte interactiva têm particular destaque.

Se a máxima "o homem[811] é a medida de todas as coisas" pode levantar discussões intermináveis, "o homem[812] pode ser a medida de muitas coisas" é um entendimento irrefutável. Deste modo, o espelhamento táctil será equivalência da sensibilidade táctil do dispositivo à medida do ser humano. Significa a capacidade multimodal de sensibilidade que um dispositivo poderia apresentar caso ele próprio fosse uma parte do ser humano.

---

[808] Do inglês "oribotics". Pode ser entendida como o campo da ciência e arte cuja "pesquisa prospera nas conexões estéticas, biomecânicas e morfológicas entre a natureza, origami e robótica." (http://www.oribotics.net/).

[809] https://vimeo.com/16429167

[810] http://www.tei-conf.org/

[811] Ser humano, sem conotação de género.

[812] *Idem*.

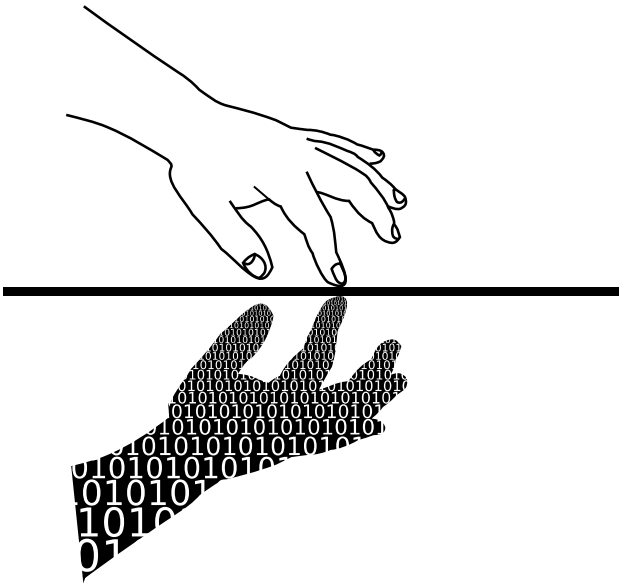


Fig. 8. Espelhamento táctil.

A aplicação deste conceito aos dispositivos instrumentais poderá parecer uma miragem, mas conceitos como *instrumentos vestíveis*[813] – como fatos e luvas especiais – procuram, muitas vezes, um prolongamento corporal completamente imersivo e, em certo sentido, tendentes ao espelhamento táctil. A fronteira entre o corpo e o instrumento esbate-se como nunca neste tipo de dispositivos. Exemplos como o fato *Miburi* do fabricante *Yamaha* ou as luvas *mimugloves*[814] retratam bem este tipo de realidade. Nesse sentido, Rekimoto fala de UI (*user interface*) orgânicos, "por aqueles que mais se assemelham com a interacção natural entre humano-físico e humano-humano (como apertar as mãos e gesticular)" (2008, p. 38), sendo a interacção potencialmente estendida a todo o corpo humano.

Em termos cinematográficos, os filmes *Surrogates* (2009) e *Avatar* (2009) são exemplos em que os seres humanos utilizam escafandros tácteis para comandarem as suas extensões biológicas sintéticas, altamente controláveis e sensoriais.

5.1. O caso de Prometheus

O filme de ficção científica *Prometheus* (2012) proporciona, para além de uma experiência visual extraordinária, uma série de conceitos interactivos merecedores de uma pequena reflexão.

Fazendo um introdução, há vários aspectos neste filme que despertam a atenção: a biotecnologia *versus* a "mecanoelectrotecnologia"; as formas orgânicas *versus* formas ortogonais e trapezoidais; um cuidado visual geral muito apurado; uma série de maquinaria e *gadgets* bem trabalhados; um conjunto de fatos e equipamentos corporais; e, claro, uma antologia de ecrãs e projecção de imagem luz.

---

[813] do inglês "wearable instruments".

[814] https://mimugloves.com/

Contudo, são outros aspectos que vão ser analisados, por ventura mais subtis mas igualmente desafiantes: o movimento, o som e o tacto. E são esses os aspectos mais esotéricos e, ao mesmo tempo, mais relevantes desta análise (Fig. 9).

Durante a cena em que o andróide *David* entra no enorme compartimento de comando da nave extra-terrestre, há uma série de acções e dispositivos tecnológicos conceptualmente desafiantes. Ao chegar a uma das consolas de comando, *David* depara-se com uma série de botões maleáveis[815], como que feitos de borracha ou matéria orgânica. As formas ovais intrigam pela aparência pouco ortodoxa, assim como a sua disposição não ortogonal.

De seguida surge uma sequência audiovisual, onde uma série de hologramas com som reproduzem os seres extra-terrestres, mostrando instruções sobre o accionamento da nave espacial.

O seguinte quadro mostra uma espécie de flauta como uma chave de accionamento, onde uma determinada sequência sonora espoletará uma série de comandos. Esta acção, embora desprovida de aparato visual, encerra um potencial interactivo deveras interessante: o comando através do som. O espectador desconhece qual a complexidade da mensagem sonora ou musical e quais os parâmetros utilizados e descodificados, mas o potencial é imenso. Bastam uns instantes de som para este conter muita informação[816]: o espectro sonoro pode ser deveras complexo, existem dezenas organizações musicais pré-estabelecidas (escalas, ritmos, sequências), a combinação de organizações musicais, nuances de interpretação, o reajustamento sonoro em relação ao espaço envolvente; todos estes factores poderiam ser incorporados numa instrução altamente encriptada e complexa.

Por fim, o quarto quadro mostra *David* pegando numa espécie de holograma autónomo, no sentido em que se posiciona nas suas mãos, como que tendo luz própria ao invés de luz projectada.

---

[815] No sentidos de suaves, moles, brandos ou comprimíveis.

[816] Num CD áudio de consumo a taxa de amostragem é de 44.1kHz com 16 bits de resolução. Um *master* de estúdio pode chegar aos 192kHz com 24 bits (Orton & Davies, 2001c).



Fig. 9. *Prometheus*: sequência da cabine de controlo.

Legenda: (1) botões maleáveis; (2) hologramas audiovisuais; (3) flauta como comando musical; (4) holograma 3D-360º.

Mas o foco desta cena são os botões maleáveis. Mesmo tratando-se de especulação num cenário de ficção científica, não deixa de ser revigorante a abordagem táctil em volta destes comandos. Para além dos feixes luminosos ou eléctricos que comunicam entre si, a interacção de *David* contém rotação e apalpamento, o que supõe uma interacção háptica muito subtil e especializada. Tal como o exemplo do som, os parâmetros contidos numa suposta interacção com espelhamento táctil poderão ser imensas e muito subtis: pressão, rotação, torção, deformação, combinações de elementos e superfícies, sequências de acções, iterações ou mudanças de temperatura. É certo que esta afirmação enquadra-se no campo das hipóteses, mas a magnífica *mise-en-scène* de *Prometheus* assim o permite.



Fig. 10. *Prometheus*: pormenores dos botões maleáveis.

Legenda: (1) botões maleáveis inactivos; (2) botões maleáveis activos.

APÊNDICE C

Apêndice C 1. Esquema geral do protótipo 1. 516

Apêndice C 2. Esquema geral do protótipo 2. 517

Apêndice C 3. Protótipo 2: circuito electrónico. 518

Apêndice C 4. Plano geral do protótipo 3. 519

Apêndice C 5. Plano geral do protótipo 4 (versão beta). 520

Apêndice C 6. Suporte complementar do protótipo 4 (versão beta). 521

Apêndice C 7. Suporte de altura do protótipo 4 (versão beta). 522

Apêndice C 8. Suporte de acrílico do protótipo 4. 523

Apêndice C 9. Moldura lateral 24mm no eixo Y (protótipo 4). 524

Apêndice C 10. Moldura lateral adaptada 24mm no eixo Y (protótipo 4). 525

Apêndice C 11. Placa de acrílico interior (protótipo 4). 526

Apêndice C 12. Moldura lateral 48mm no eixo Y (protótipo 4). 527

Apêndice C 13. Moldura frontal 38mm no eixo X (protótipo 4). 528

Apêndice C 14. Moldura superior (protótipo 4). 529

Apêndice C 15. Separador de acrílico transparente para 18 fios condutores com espaçamento de 16mm no eixo X (protótipo 4 semi-discreto). 530

Apêndice C 16. Separador de acrílico transparente para 8 fios condutores com espaçamento de 24mm no eixo Y (protótipo 4 semi-contínuo). 531

Apêndice C 17. Molde para acrílico com espessura de segmentos variáveis no eixo X (protótipo 4 semi-contínuo). 532

Apêndice C 18. Estudo de moldura frontal para 12 entradas com espaçamento de 24mm no eixo X (protótipo 4). 533

Apêndice C 19. Estudo de moldura frontal para 18 entradas com espaçamento de 16mm no eixo X (protótipo 4). 534

Apêndice C 20. Estudo de moldura frontal para 24 entradas com espaçamento de 12mm no eixo X (protótipo 4). 535

Apêndice C 21. Suporte complementar com entrada frontal de ecrã. 536

Apêndice C 22. Moldura molde 220x300mm (protótipo 4). 537

Apêndice C 23. Molde e respectiva base para 8 tiras horizontais de 300x8mm (protótipo 4 semi-contínuo). 538

Apêndice C 24. Molde para 8 tiras horizontais de 300x16mm (protótipo 4 semi-contínuo). 539

Apêndice C 25. Molde para 18 tiras verticais de 220x8mm (protótipo 4 semi-contínuo). 540

Apêndice C 26. Molde para 18 tiras verticais de 220x6mm (protótipo 4 semi-contínuo). 541

Apêndice C 27. Evolução da moldura superior (protótipo 4). 542

Apêndice C 28. Moldura mista para 18 entradas eixo X (16mm) e 8 entradas eixo Y (24mm). 543

Apêndice C 29. Suporte complementar de ecrã com entrada lateral (protótipo 4 versão final). 544

Apêndice C 30. Rectificação do suporte de acrílico base (protótipo 4). 545

Apêndice C 31. Estudos de dimensionamento e encaixe. 546

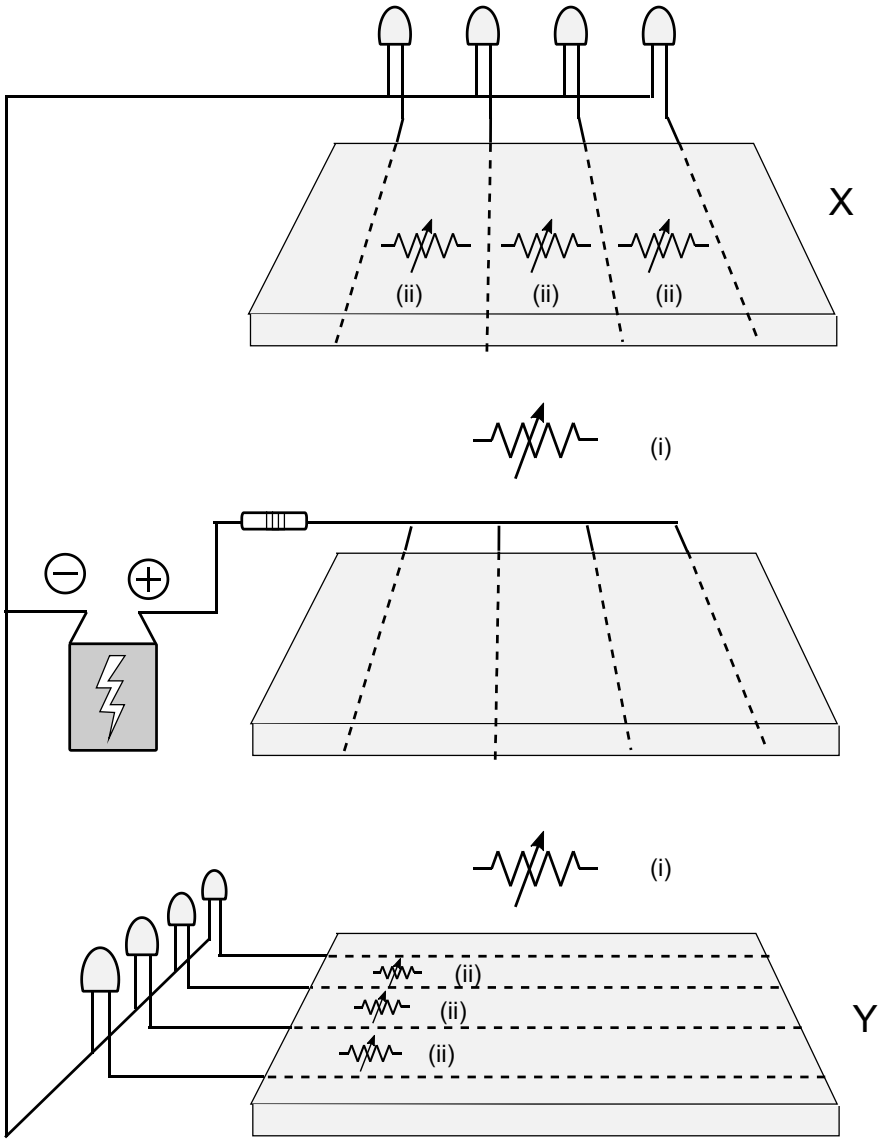
Apêndice C 32. Esquema electrónico do protótipo 4 (versão contínua ou original).... 547

Apêndice C 33. Esquema electrónico do protótipo 4 (versão semi-contínua). 548

Apêndice C 34. Protótipo 5: esquema geral. 549

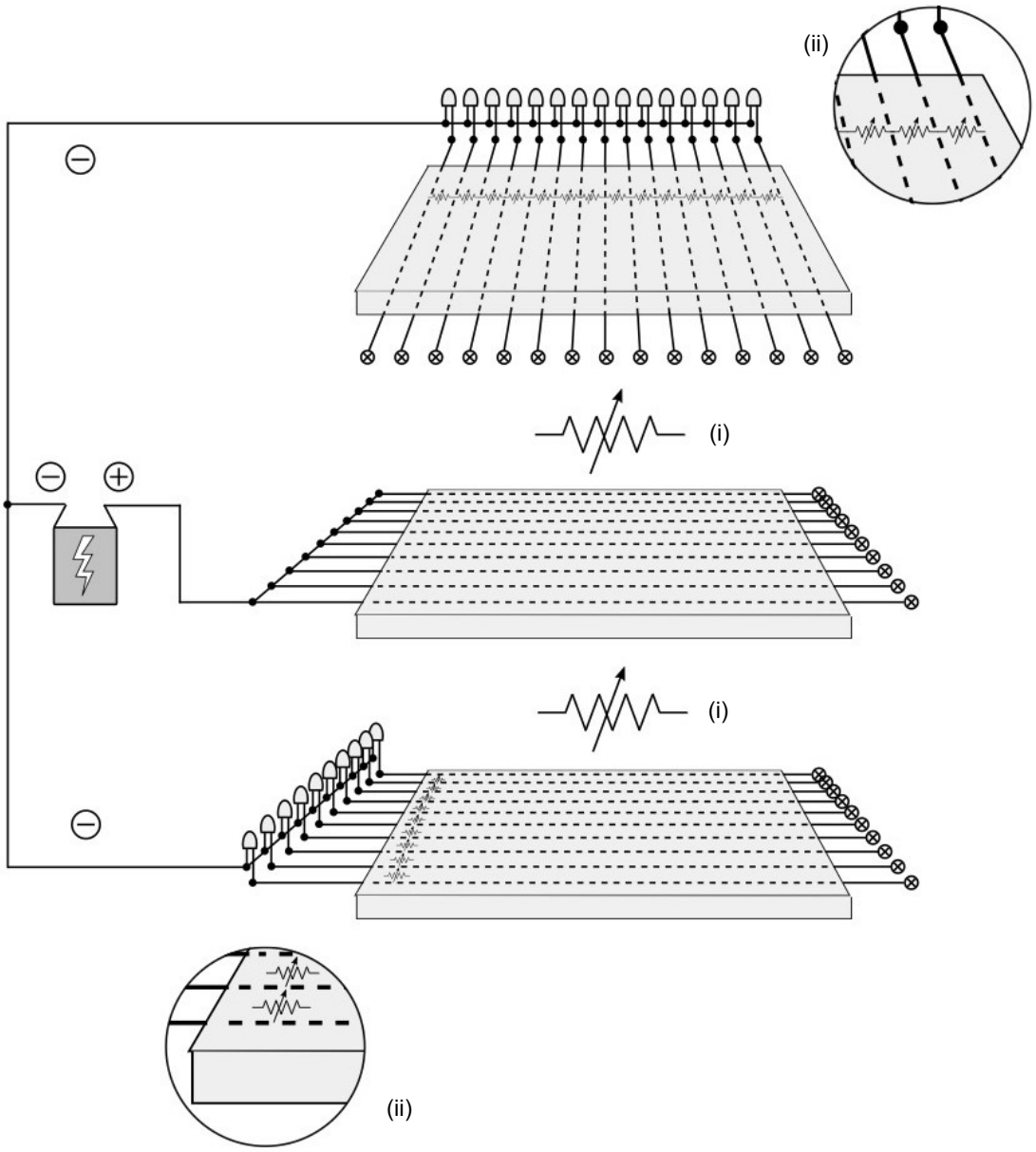
Apêndice C 35. Protótipo 5: suporte inferior. 550

Apêndice C 36. Protótipo 5: tabuleiro superior. 551



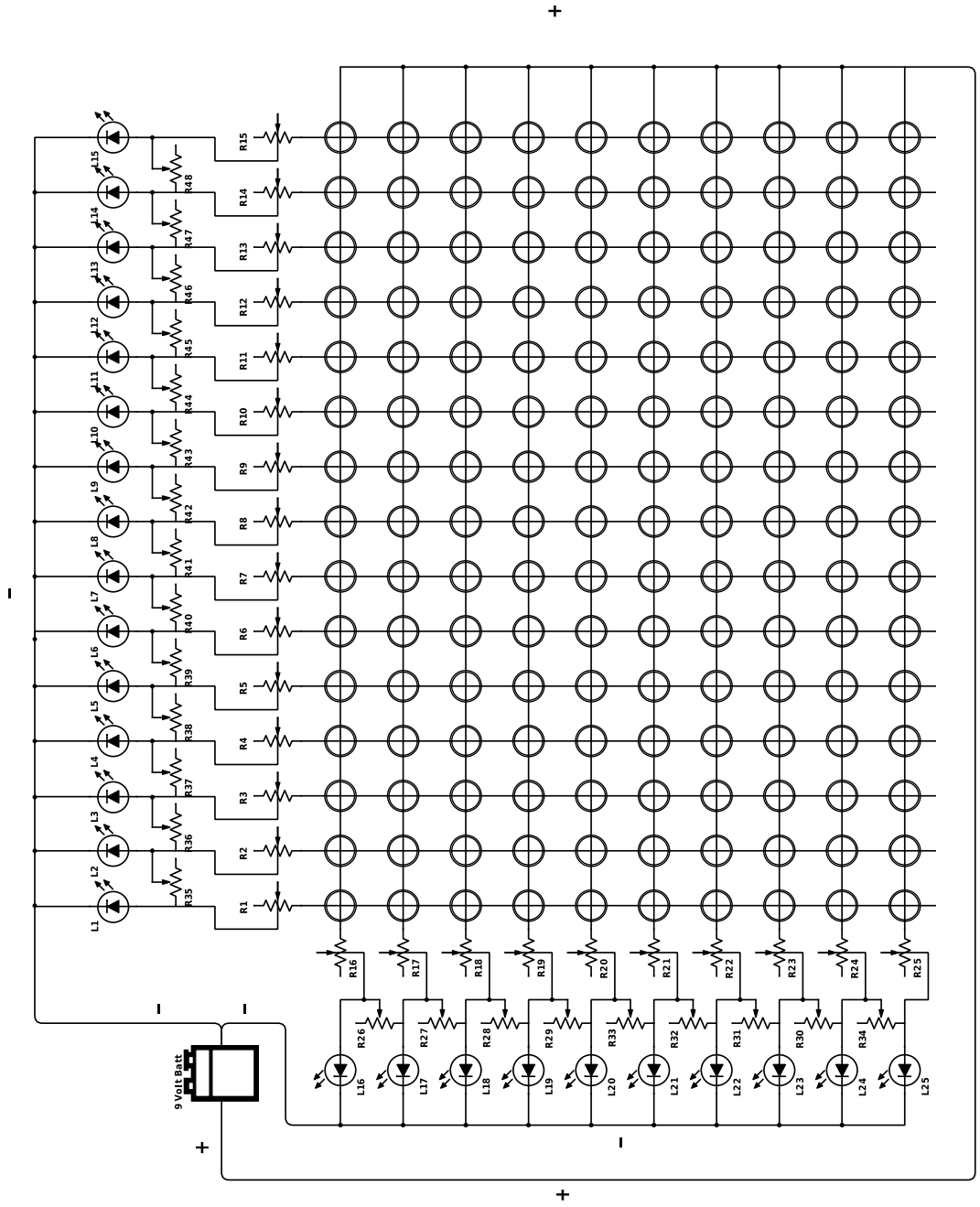
Apêndice C 1. Esquema geral do protótipo 1.

Dois grupos de resistência variável: (i) entre camadas e (ii) na mesma camada entre o encordoamento condutor.



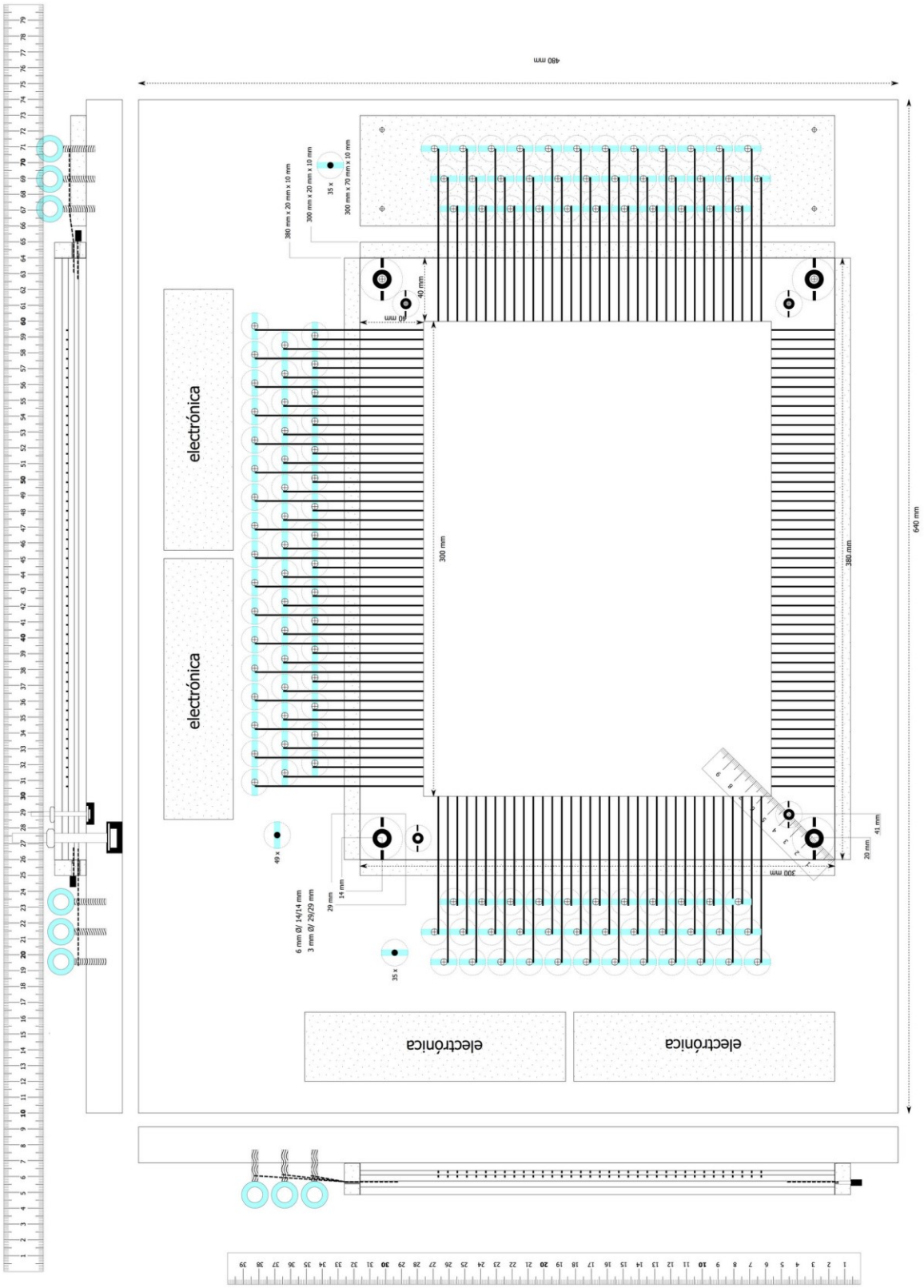
Apêndice C 2. Esquema geral do protótipo 2.

Dois grupos de resistência variável: (i) entre camadas e (ii) na mesma camada entre o encordoamento condutor (representada nos círculos da ampliação do esquema).

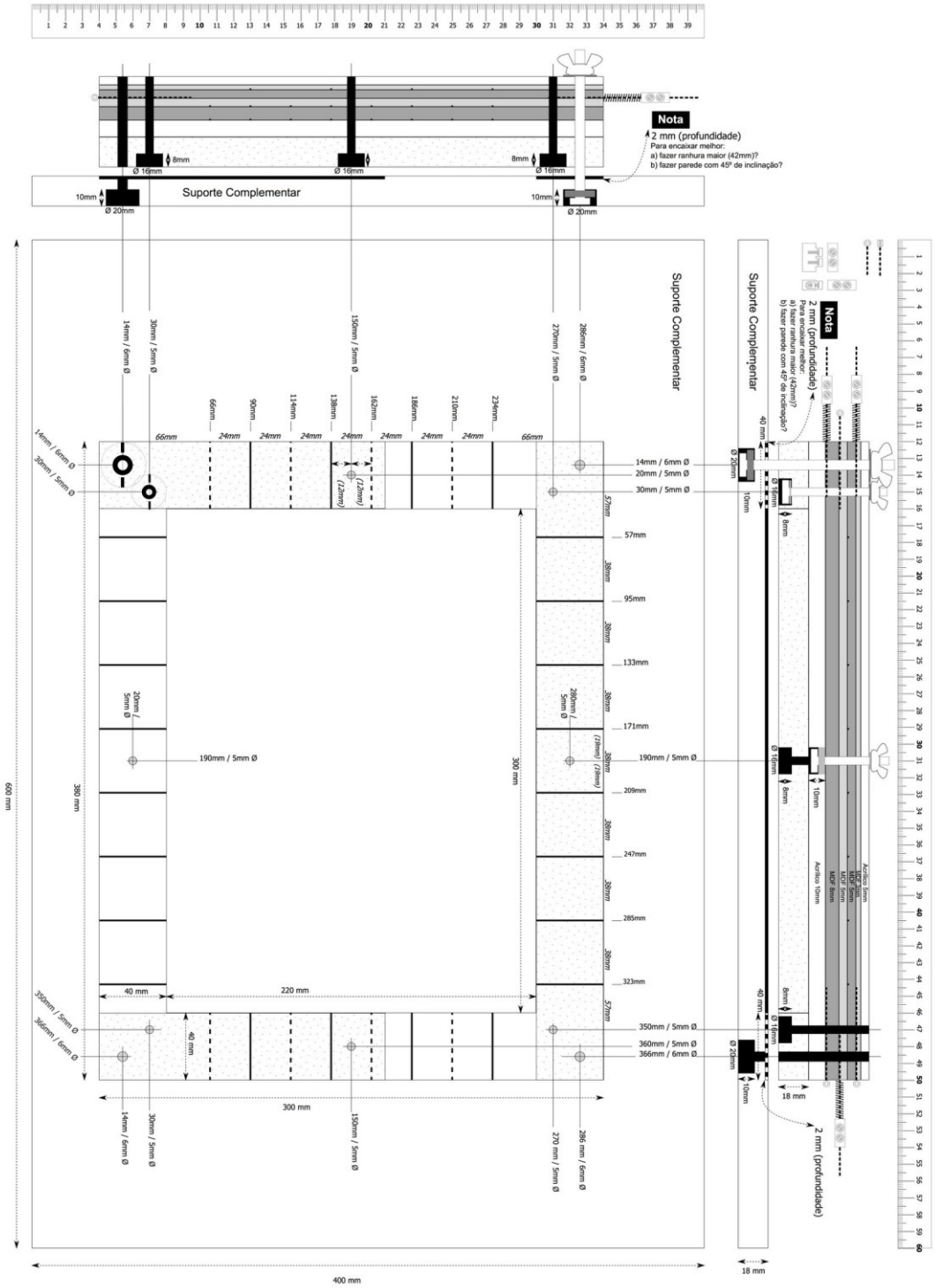


Apêndice C 3. Protótipo 2: circuito electrónico.

Os círculos das intersecções representam a camada de gelatina com resistência variável entre os fios condutores (correspondentes às resistências R1 a R25).

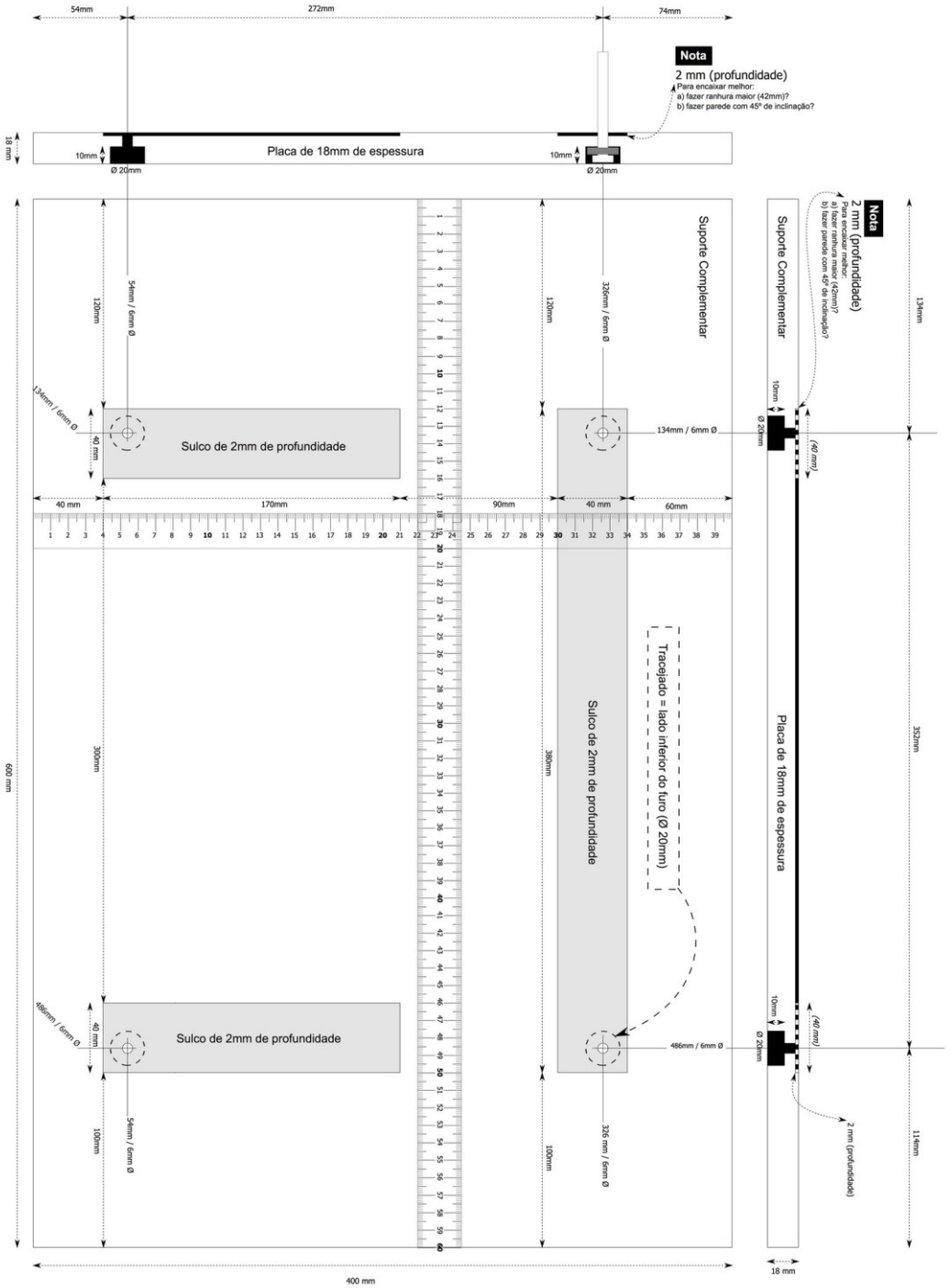


Apêndice C 4. Plano geral do protótipo 3.



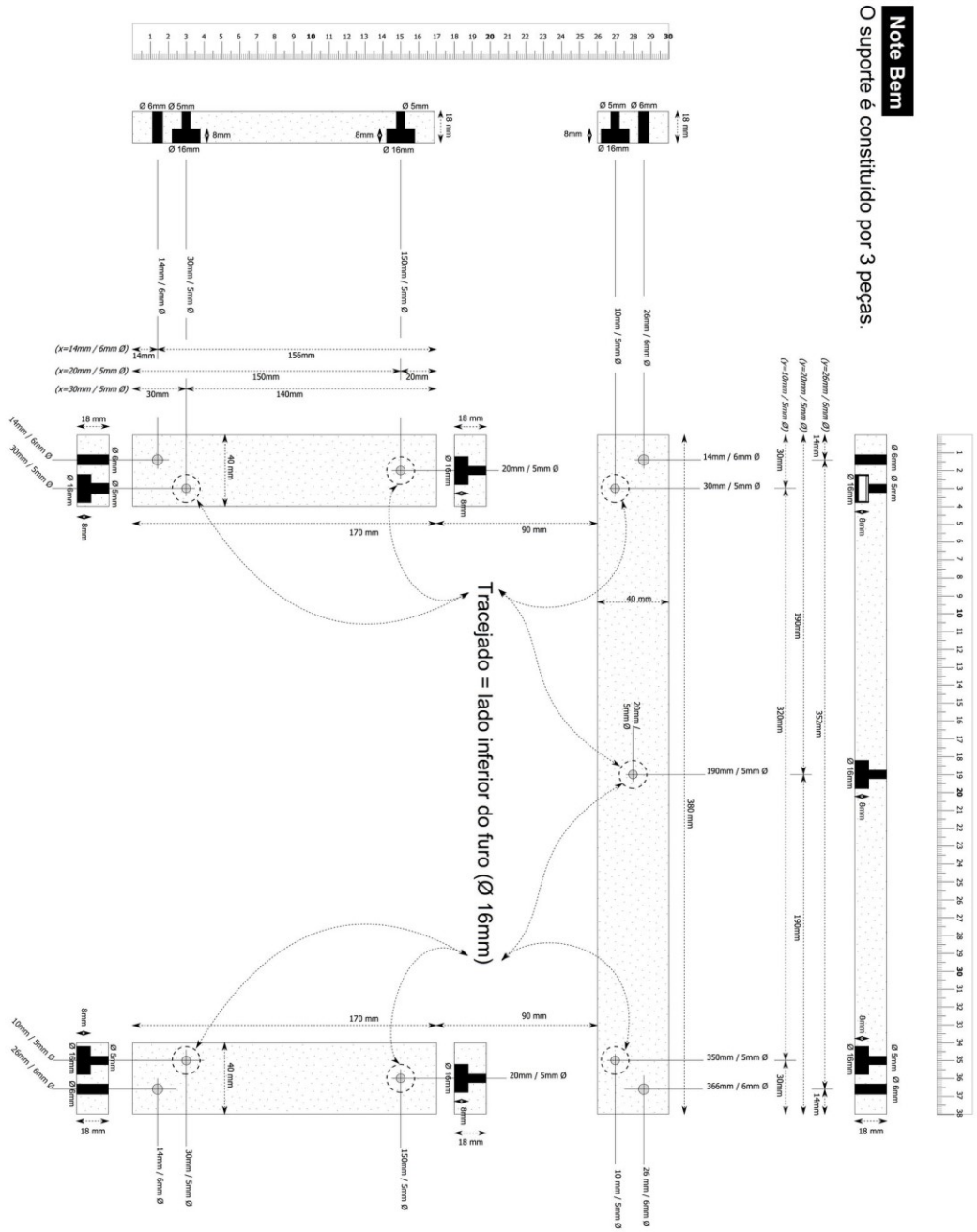
PROTÓTIPO GERAL

Apêndice C 5. Plano geral do protótipo 4 (versão beta).



1. SUPORTE COMPLEMENTAR

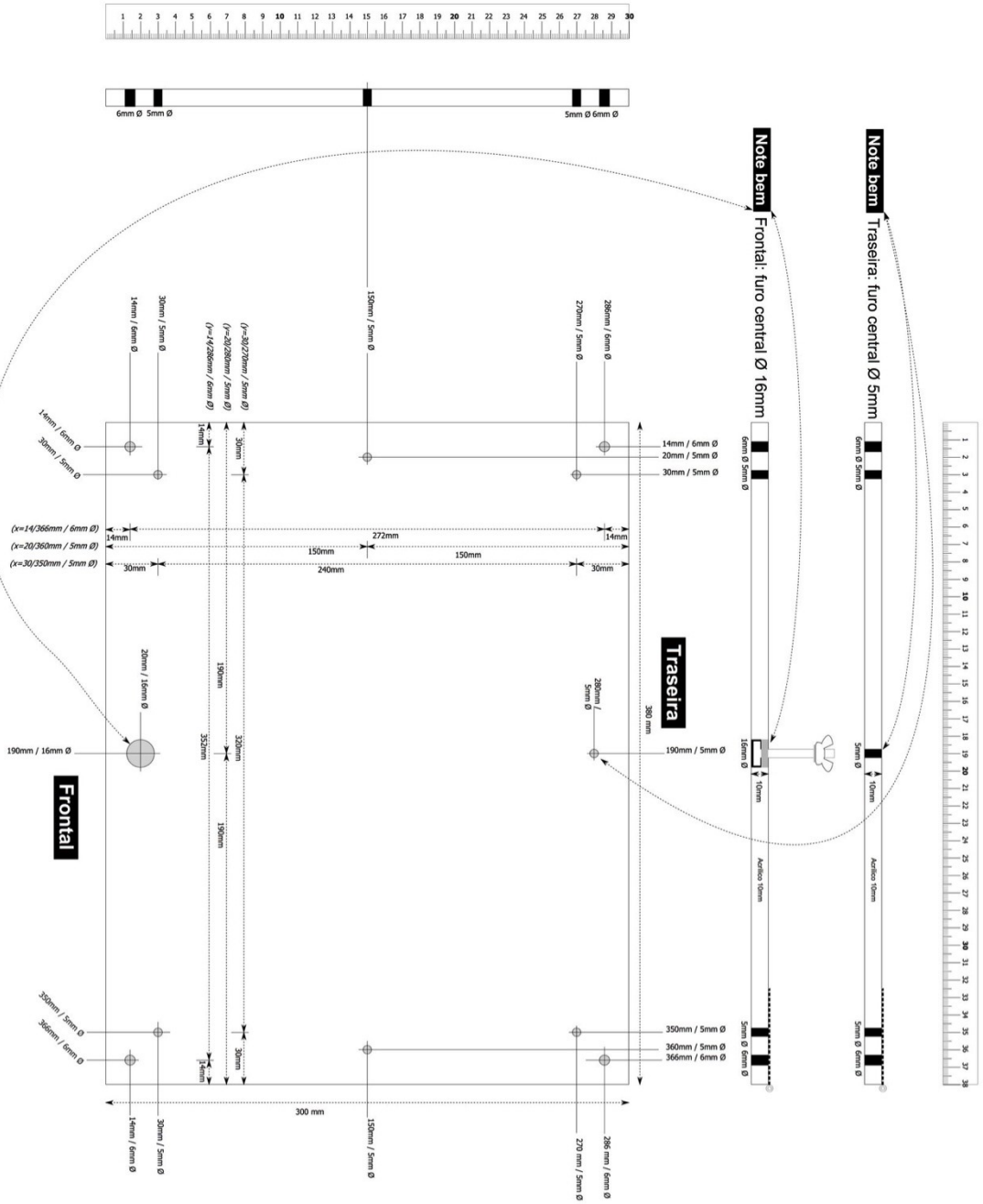
Apêndice C 6. Suporte complementar do protótipo 4 (versão beta).



2. SUPORTE DE ALTURA

Apêndice C 7. Suporte de altura do protótipo 4 (versão beta).

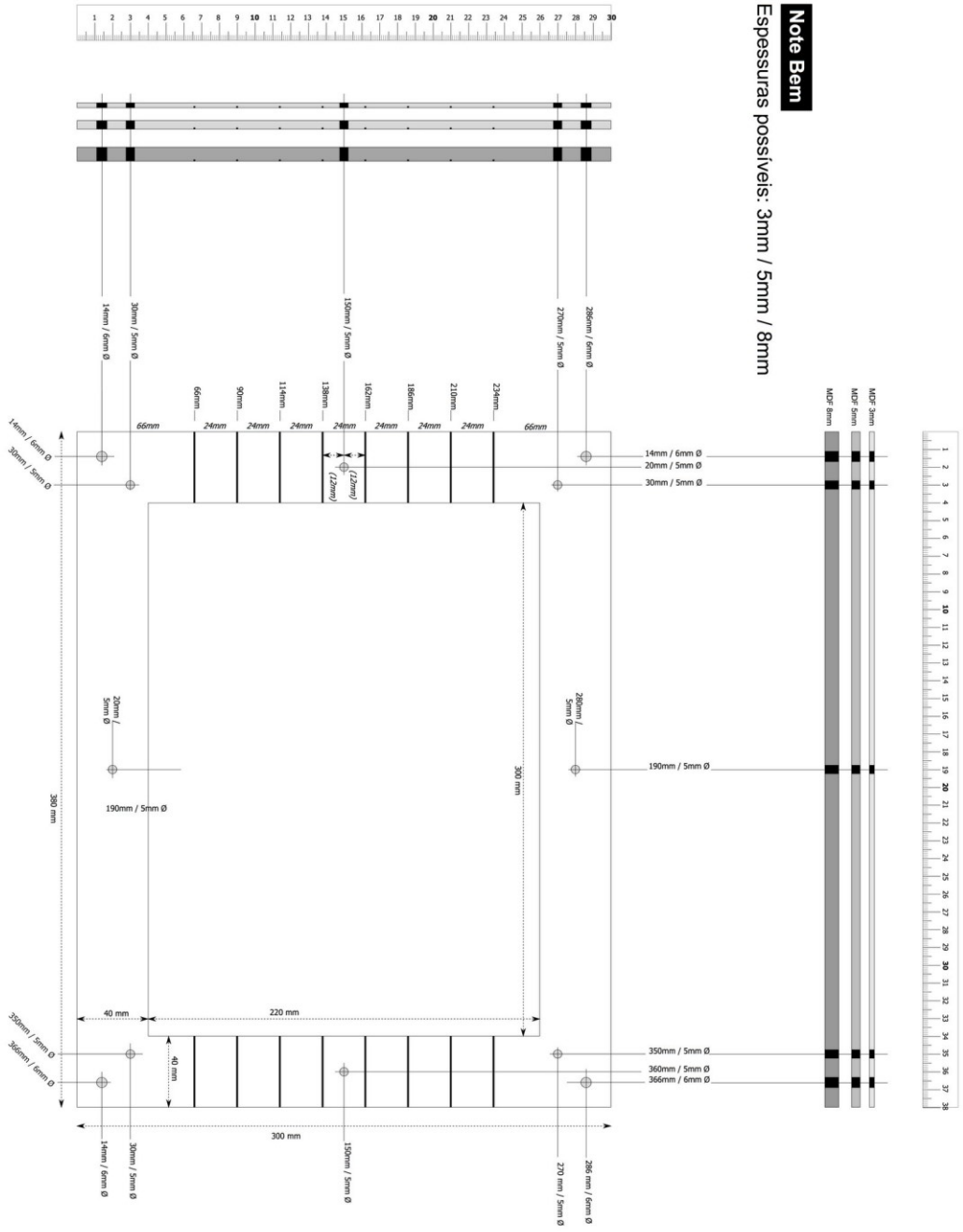
Peças situadas entre o suporte complementar e o suporte de acrílico, destinadas a providenciar altura para inserção de referências visuais (eventualmente algum ecrã).



3. SUPORTE DE ACRÍLICO

Apêndice C 8. Suporte de acrílico do protótipo 4.

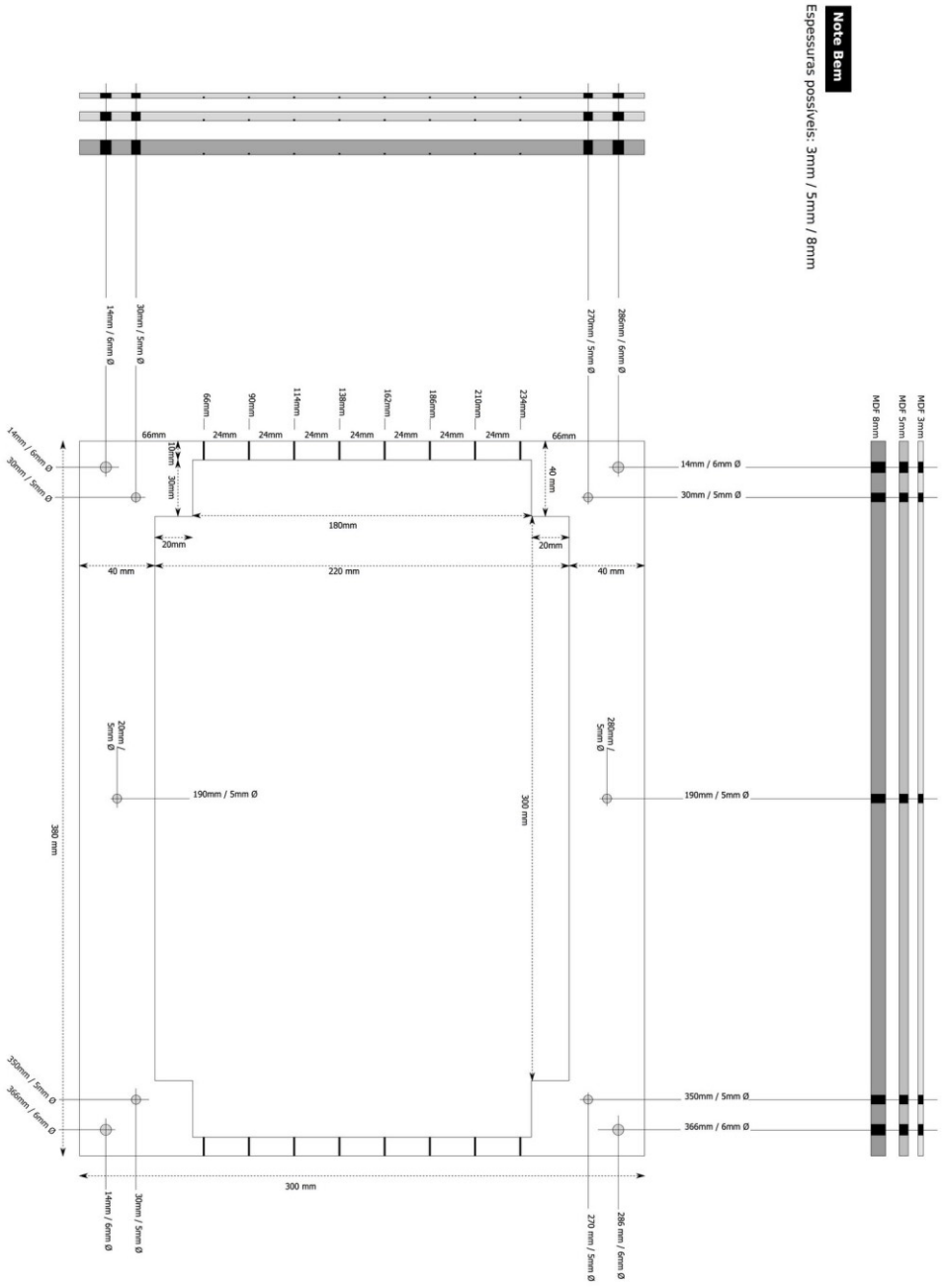
Suporte inferior do módulo onde estão as diversas molduras, encordoamentos condutores e camadas de gelatina. Sendo transparente, possibilita o visionamento de informação visual situada abaixo dele.



4A. MOLDURA LATERAL 24MM

Apêndice C 9. Moldura lateral 24mm no eixo Y (protótipo 4).

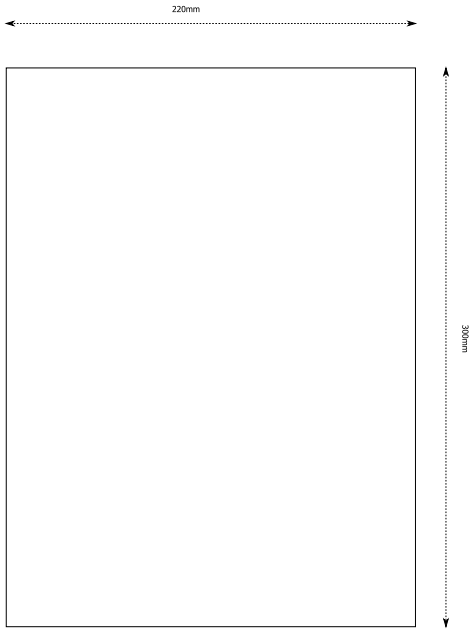
Moldura de encaixe da camada de gelatina e encordoamento condutor do eixo Y. Executada em diferentes espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares.



4A1. MOLDURA LATERAL 24MM ADAPTADA

Apêndice C 10. Moldura lateral adaptada 24mm no eixo Y (protótipo 4).

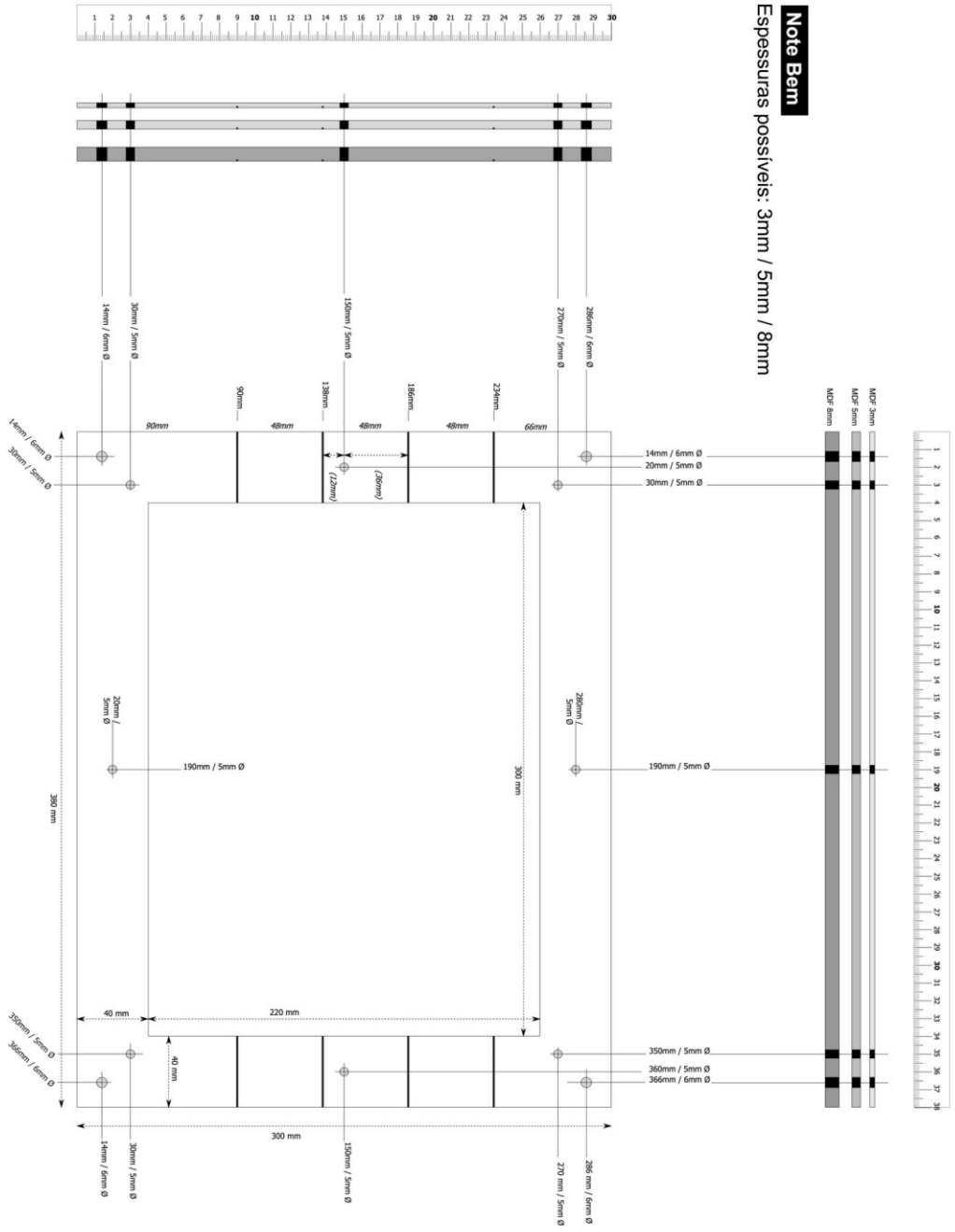
Semelhante à moldura lateral 24mm (Apêndice C 9), apresenta um recorte na zona das ranhuras, de forma a facilitar a utilização de acrílicos 220x300mm (Apêndice C 11) e/ou facilitar a inserção do encordoamento condutor. De notar que a inserção de camadas de gelatina e encordoamentos é realizado depois da montagem e aparafusamento de todas as molduras.



PLACA ACRILICO

Apêndice C 11. Placa de acrílico interior (protótipo 4).

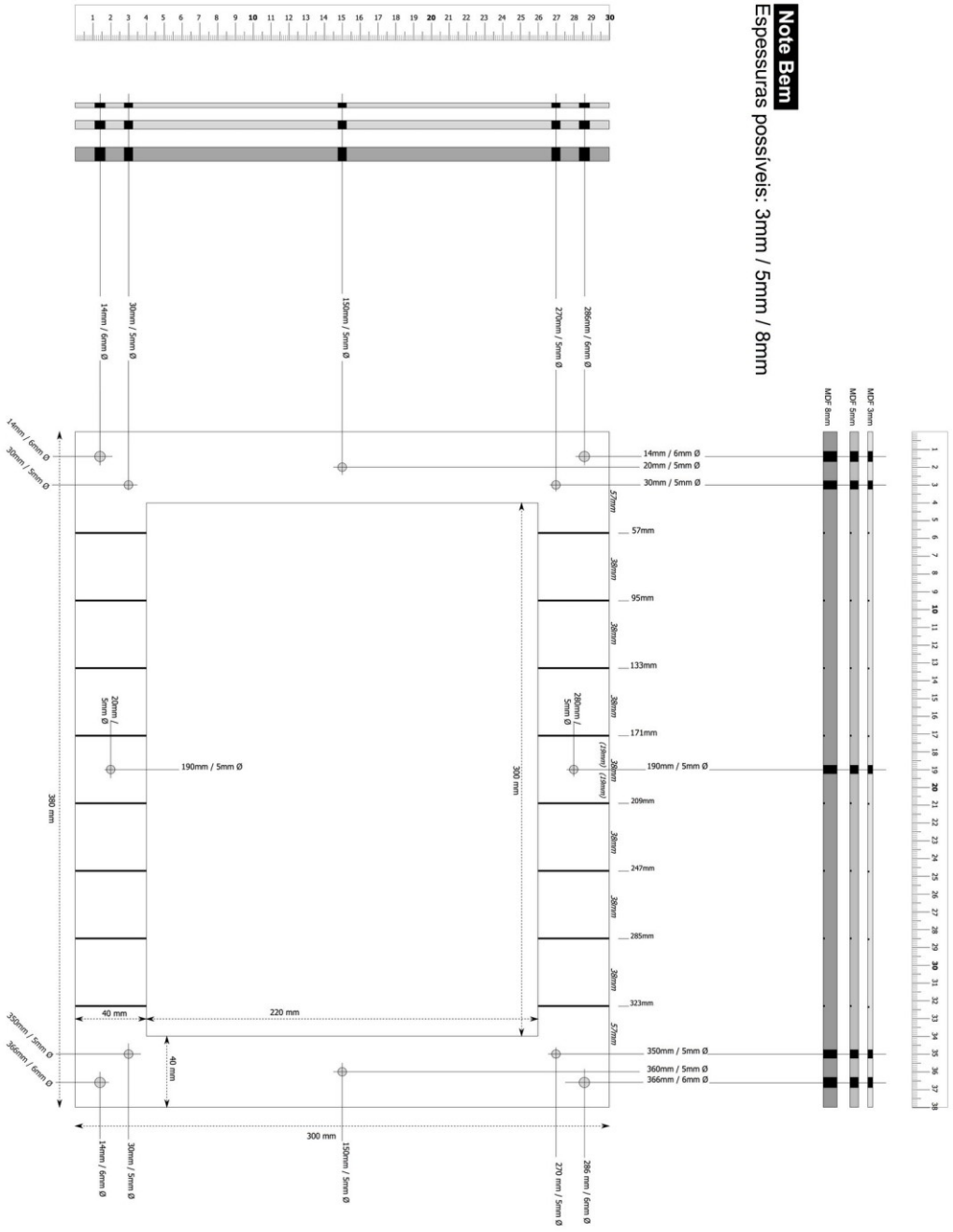
Para colocação no interior da moldura do Apêndice C 10.



4B. MOLDURA LATERAL 48MM

Apêndice C 12. Moldura lateral 48mm no eixo Y (protótipo 4).

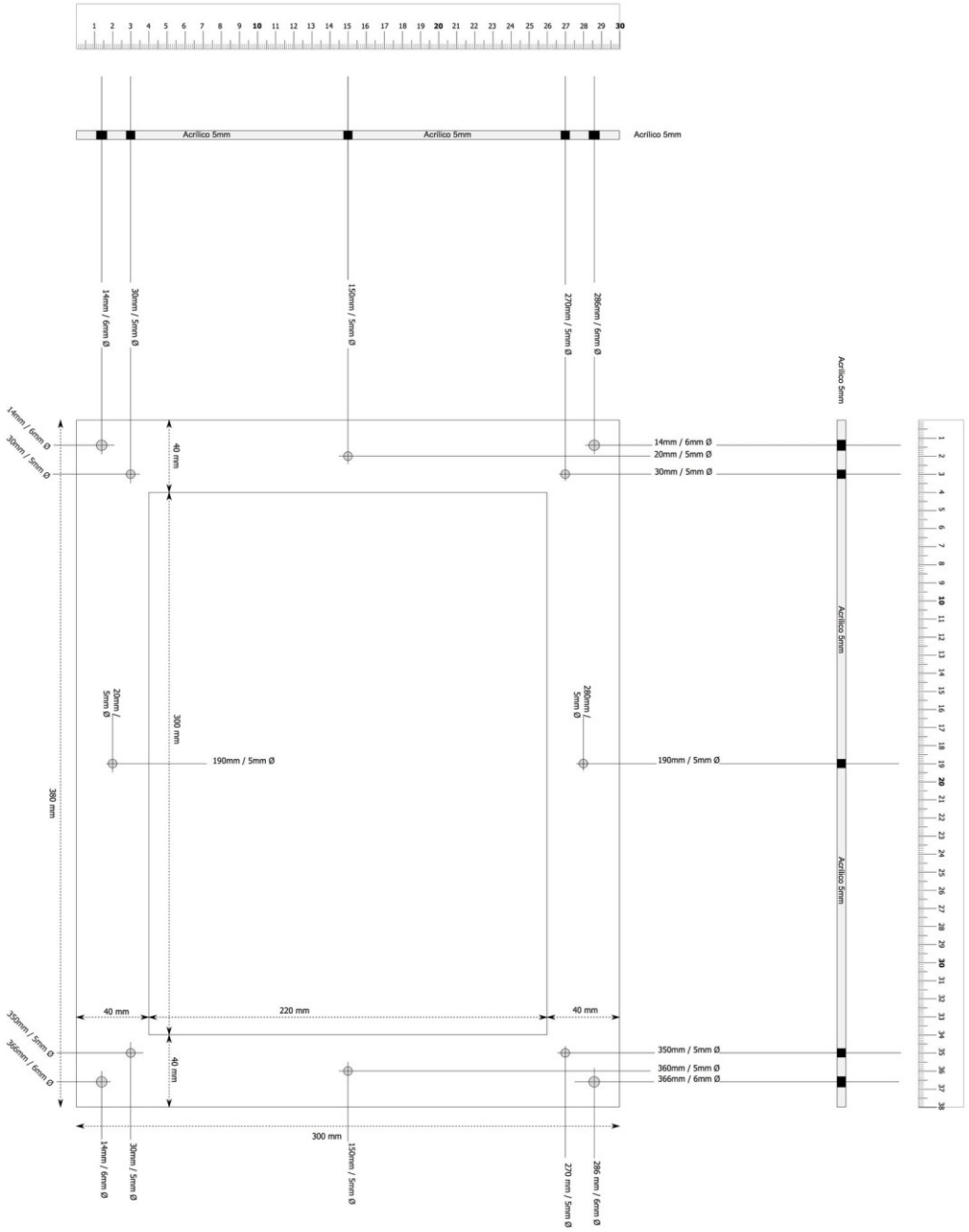
O mesmo que Apêndice C 9, mas com maior espaçamento do encordoamento condutor do eixo Y. Desenhada e concretizada, revelou-se demasiado espaçada.



4C. MOLDURA FRONTAL 38MM

Apêndice C 13. Moldura frontal 38mm no eixo X (protótipo 4).

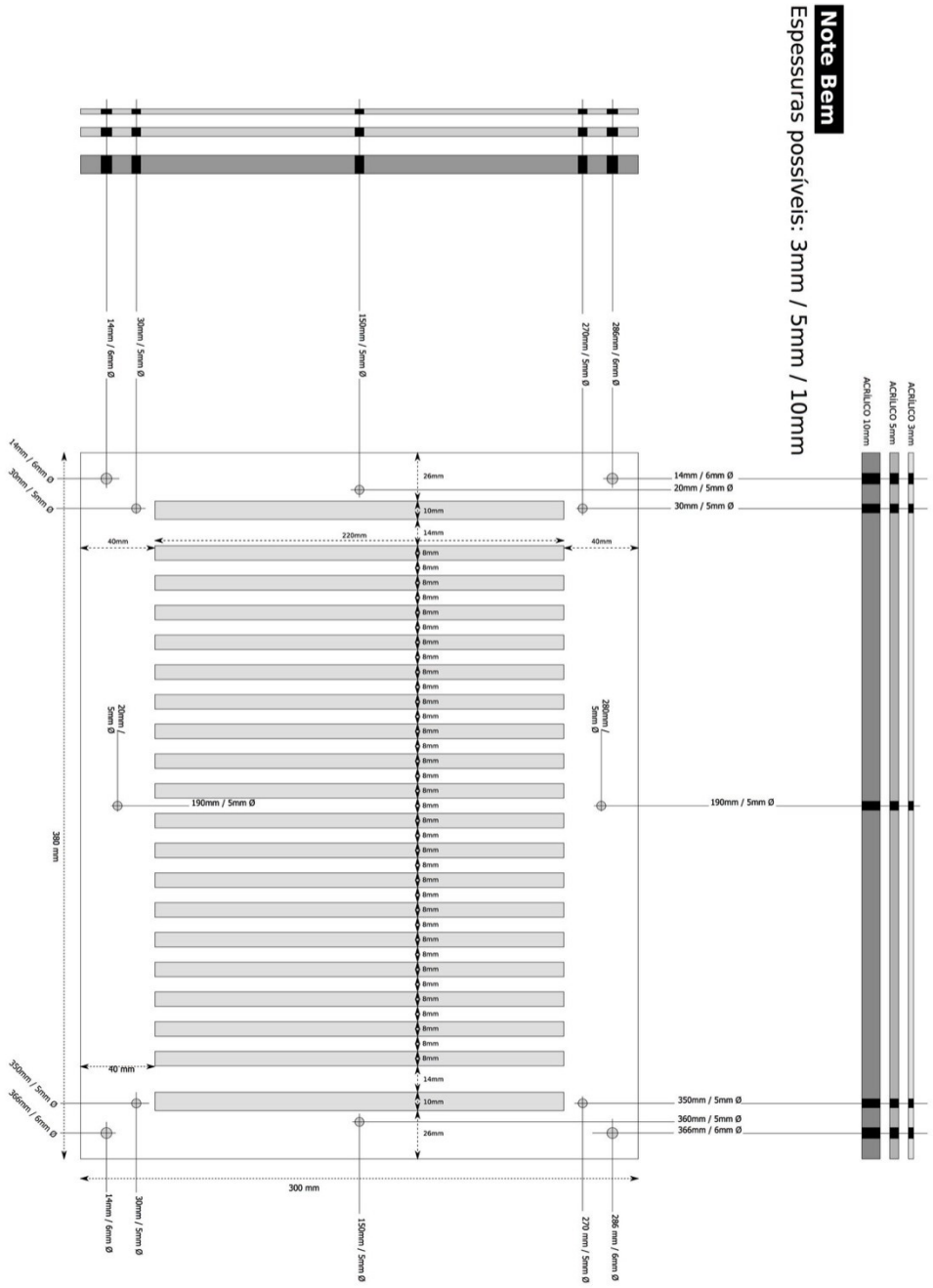
Moldura de encaixe da camada de gelatina e encordoamento condutor do eixo X. Executada em diferentes espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares. Executado mas não aplicado, pela separação excessiva das ranhuras. Foi preterido em favor da moldura de 18 entradas (Apêndice C 19).



5. MOLDURA SUPERIOR

Apêndice C 14. Moldura superior (protótipo 4).

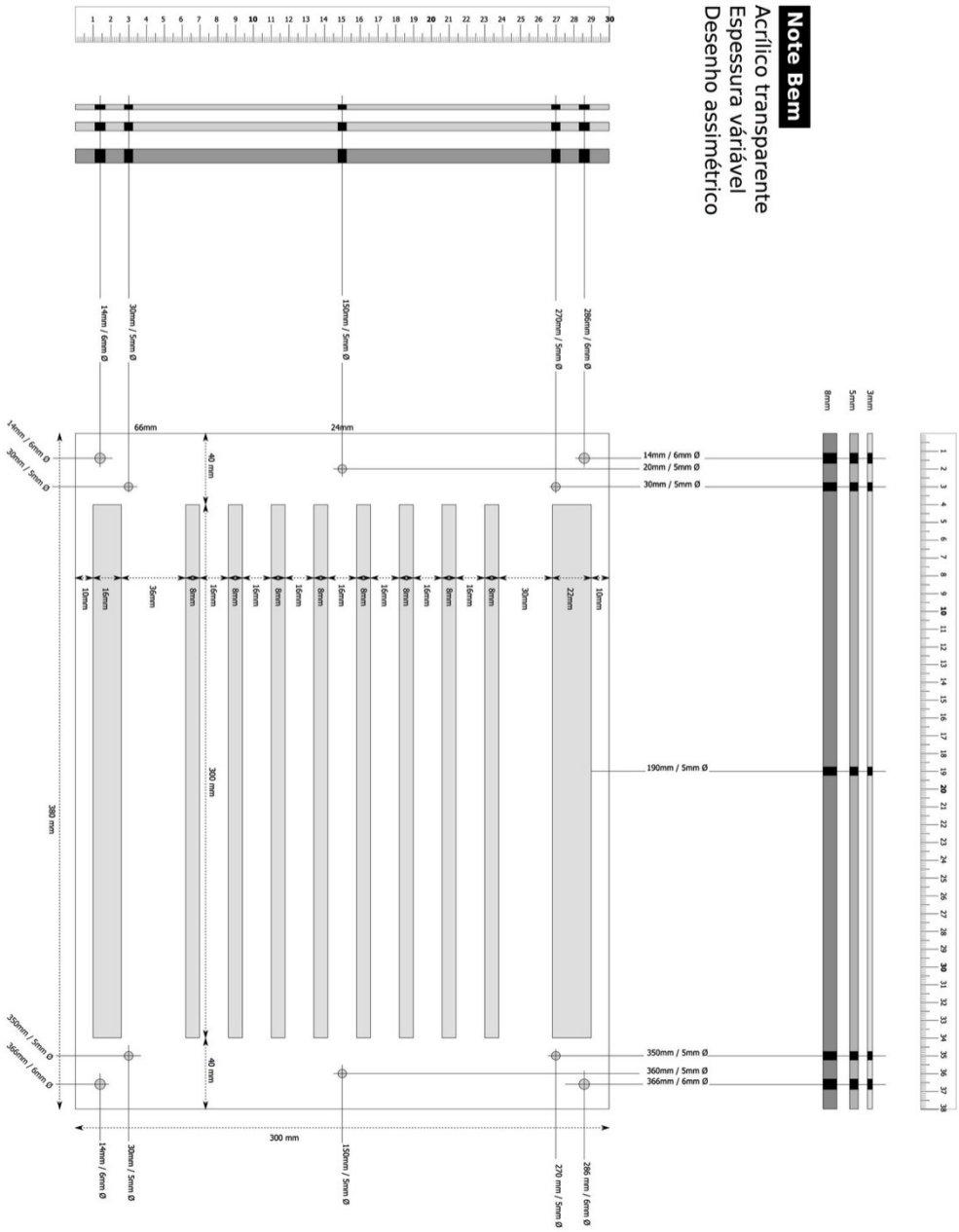
Moldura sem ranhuras, utilizada como a camada superior de tamponamento onde os parafusos são apertados com porcas de orelhas (DIN 315).



6A. ISOLA FRONTAL 16MM

Apêndice C 15. Separador de acrílico transparente para 18 fios condutores com espaçamento de 16mm no eixo X (protótipo 4 semi-discreto).

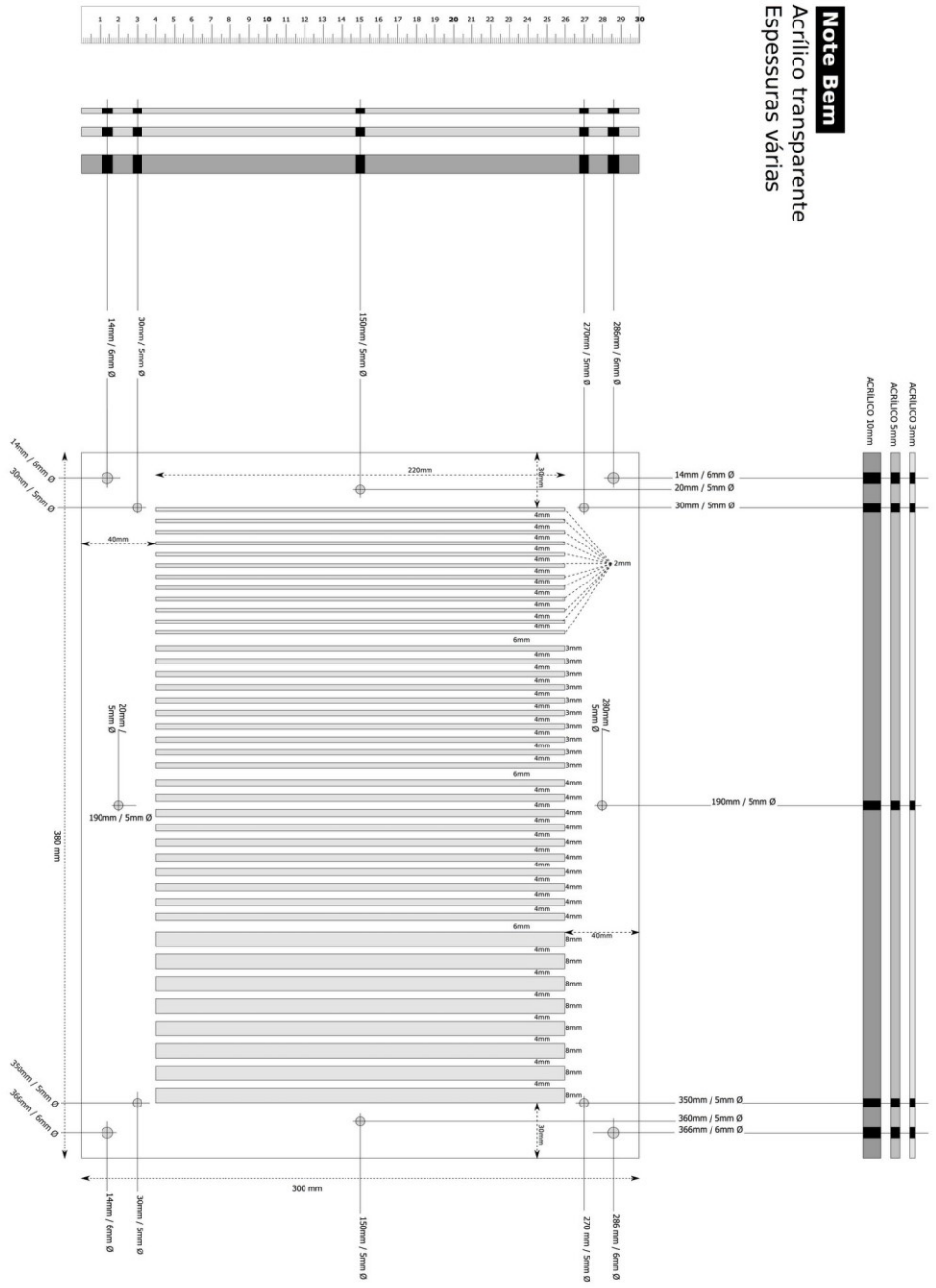
Separador de acrílico com de 18 aberturas rectangulares de 8mm de largura para aplicação de tiras de gelatina de 8mm de largura. Executada em várias espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares. Este separador encaixa com moldura do (Apêndice C 19). A designação de 16mm deriva do espaçamento do encordoamento do eixo X, que neste separador corresponde à soma de uma abertura (8mm) com um espaçamento para a seguinte abertura (8mm). Existem nos extremos duas aberturas adicionais para retirar tiras de acrílico para experiências diversas.



7A1. ISOLA LATERAL 24MM

Apêndice C 16. Separador de acrílico transparente para 8 fios condutores com espaçamento de 24mm no eixo Y (protótipo 4 semi-contínuo).

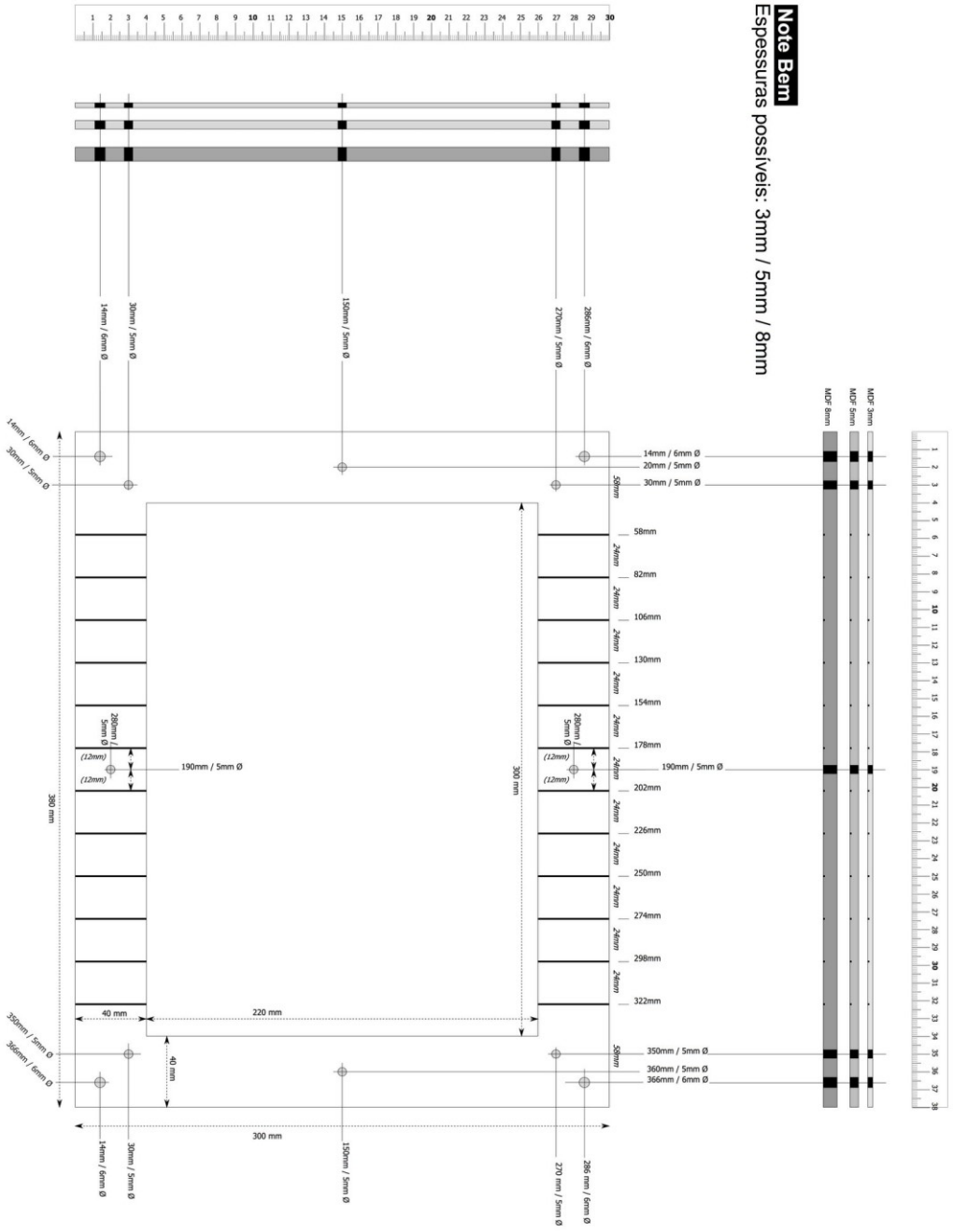
Separador de acrílico com de 8 aberturas rectangulares de 8mm de largura para aplicação de tiras de gelatina de 8mm de largura. Executada em várias espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares. Este separador encaixa com as molduras do Apêndice C 9 e Apêndice C 10. A designação de 24mm deriva do espaçamento do encordoamento do eixo Y, que neste separador corresponde à soma de uma abertura (8mm) com um espaçamento para a seguinte abertura (16mm). Possui duas aberturas adicionais nos extremos para retirar tiras de acrílico para experiências diversas.



8A. MOLDE VARTIÁVEL 2-8MM

Apêndice C 17. Molde para acrílico com espessura de segmentos variáveis no eixo X (protótipo 4 semi-contínuo).

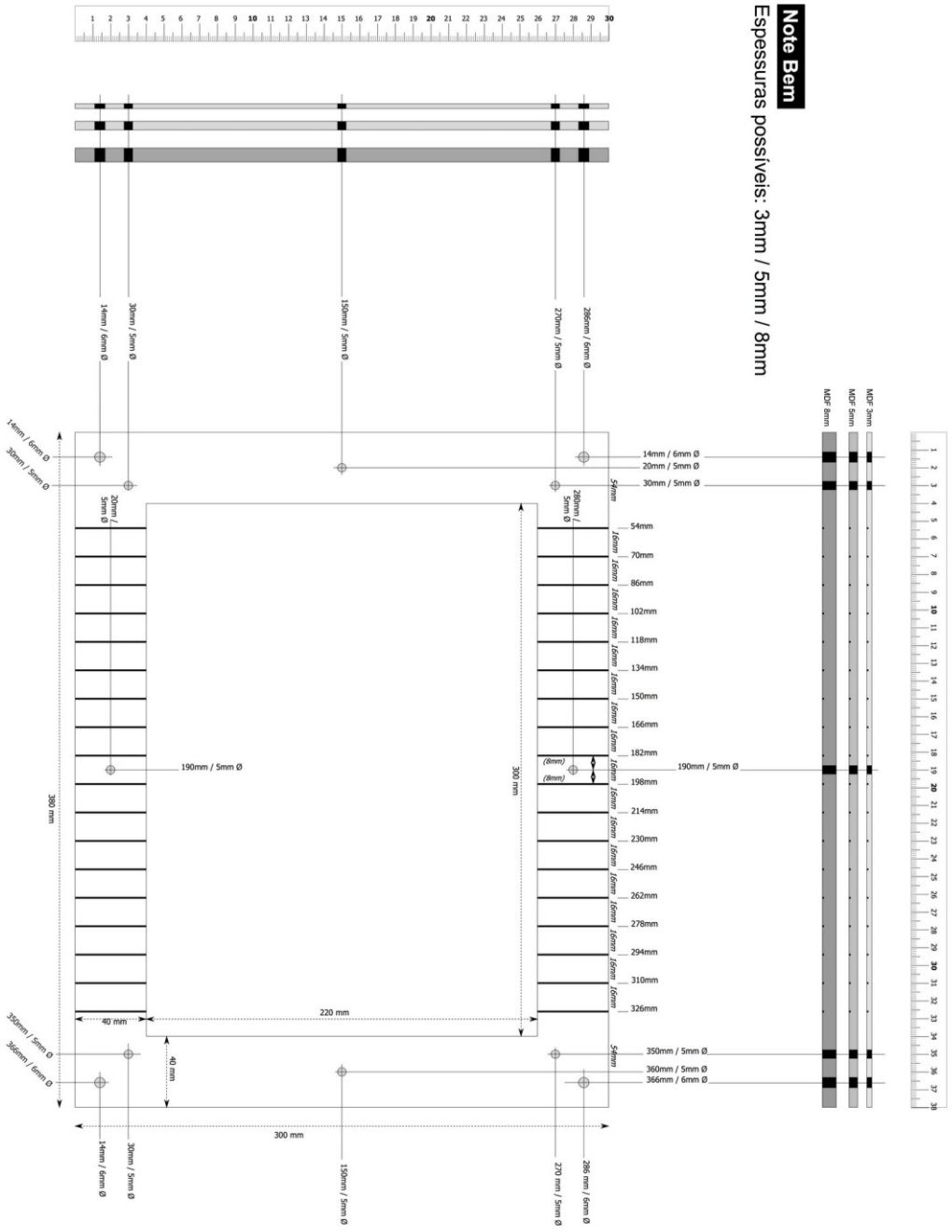
Molde de acrílico para teste de várias espessuras e larguras de gelatina. Devido à filigrana do desenho, do calor do laser e da maneira como foi cortado, a peça não pode ser testada em boas condições, uma vez os espaçamentos mais estreitos ficaram abaulados.



EXTRA 1. MOLDURA FRONTAL 24MM

Apêndice C 18. Estudo de moldura frontal para 12 entradas com espaçamento de 24mm no eixo X (protótipo 4).

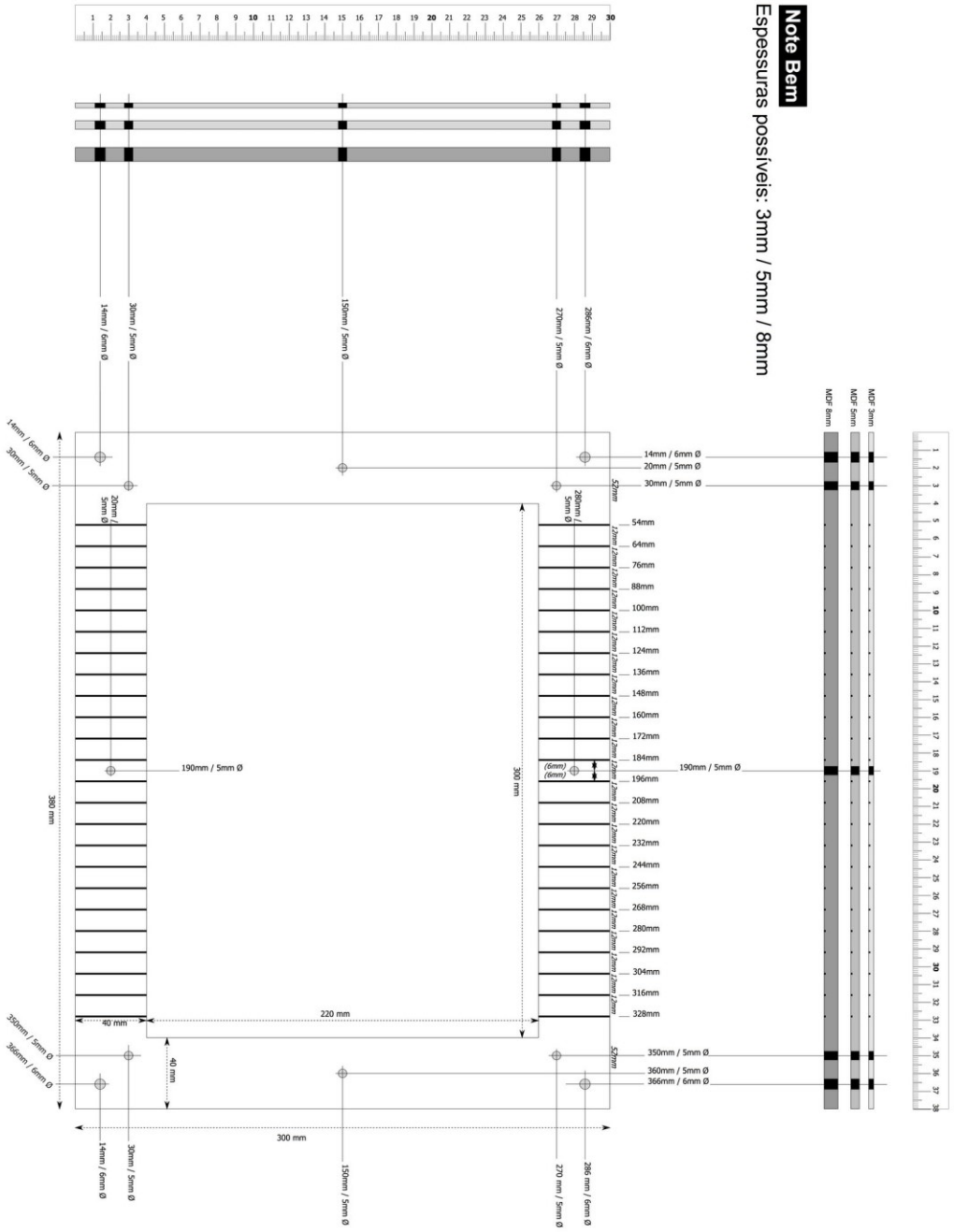
Moldura de encaixe da camada de gelatina e encordoamento condutor do eixo X. Executada em diferentes espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares. Executado mas não aplicado pela separação excessiva das ranhuras. Foi preterido em favor da moldura de 18 entradas (Apêndice C 19).



EXTRA 2. MOLDURA FRONTAL 16MM

Apêndice C 19. Estudo de moldura frontal para 18 entradas com espaçamento de 16mm no eixo X (protótipo 4).

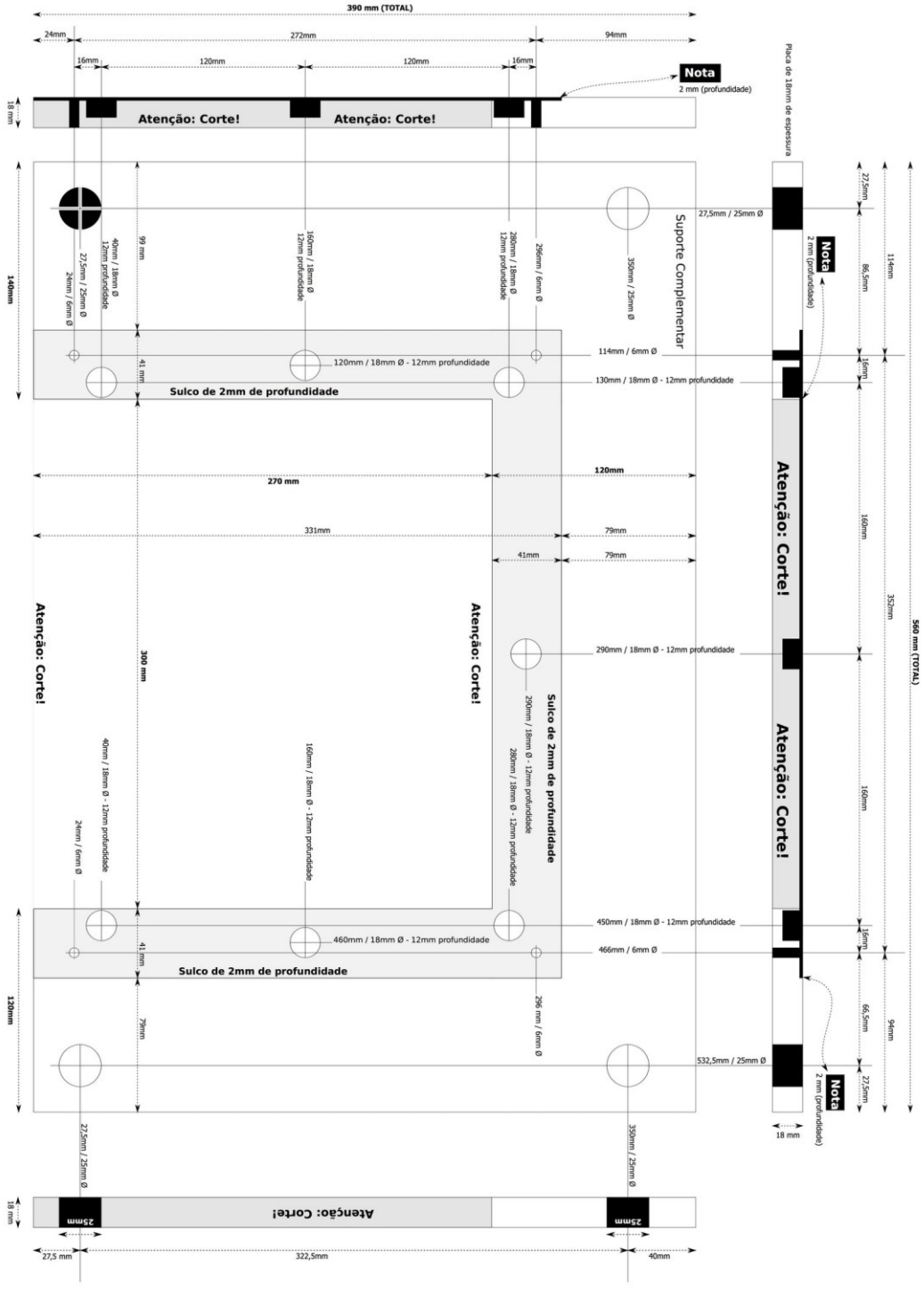
Moldura de encaixe da camada de gelatina e encordoamento condutor do eixo X. Executada em diferentes espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares. Executado e aplicado. Foi considerada a medida mais adequada, tendo sido a opção em relação outros espaçamentos.



EXTRA 3. MOLDURA FRONTAL 12MM

Apêndice C 20. Estudo de moldura frontal para 24 entradas com espaçamento de 12mm no eixo X (protótipo 4).

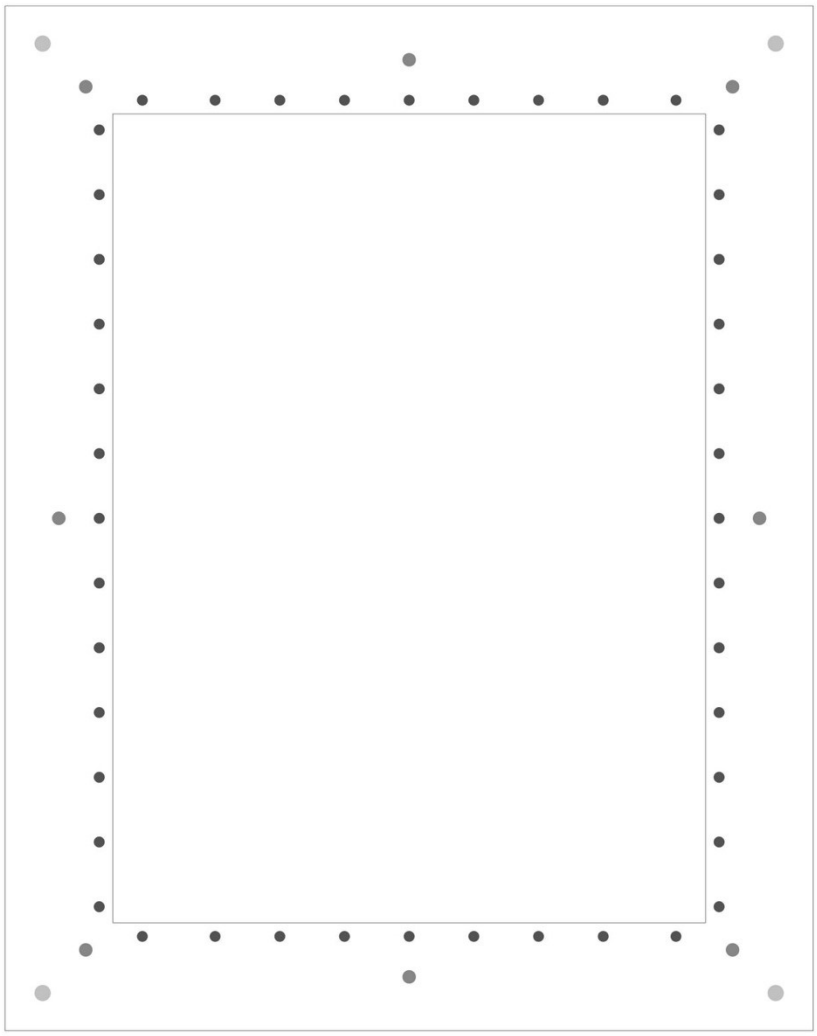
Moldura de encaixe da camada de gelatina e encordoamento condutor do eixo X. Executada em diferentes espessuras de forma a poder acomodar camadas de gelatina de espessuras díspares. Executado mas não aplicado pela aproximação excessiva das ranhuras. Foi preterido em favor da moldura de 18 entradas (Apêndice C 19).



SUPORTE COMPLEMENTAR MODIFICAÇÃO 2

Apêndice C 21. Suporte complementar com entrada frontal de ecrã.

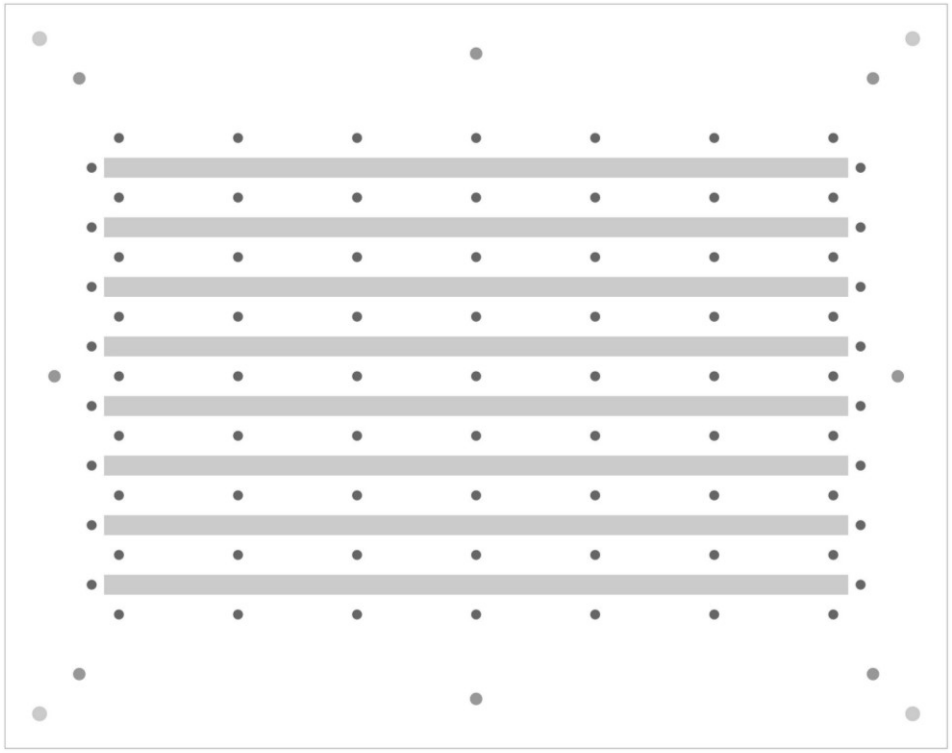
Modificação do suporte complementar para inserção de ecrã, substituindo o suporte base (Apêndice C 6) e suporte de altura (Apêndice C 7).

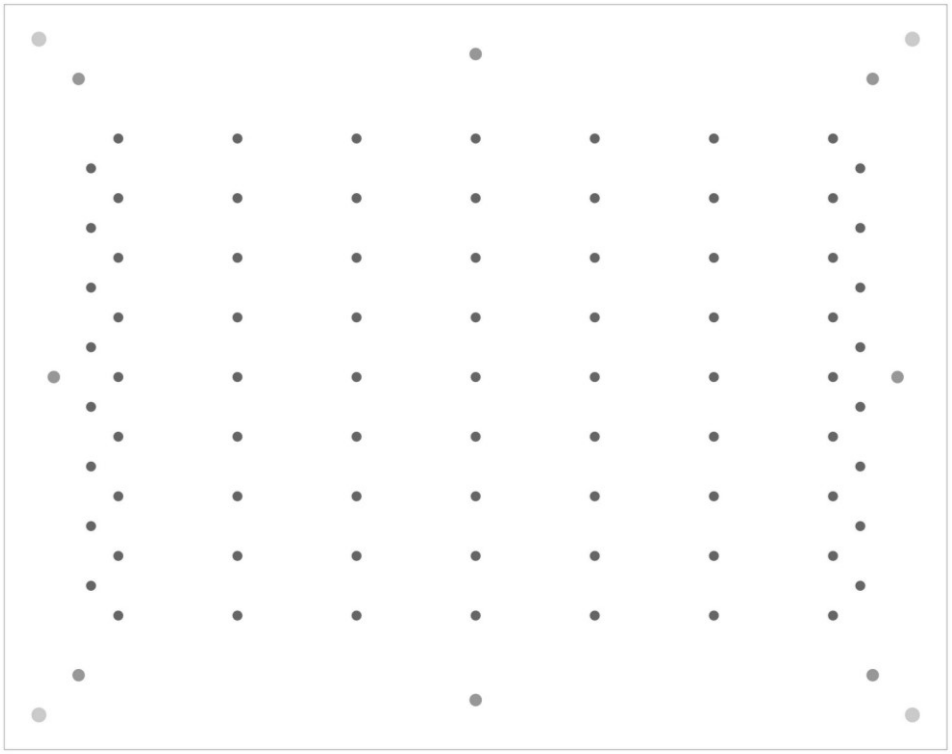


5C. MOLDURA MOLDE

Apêndice C 22. Moldura molde 220x300mm (protótipo 4).

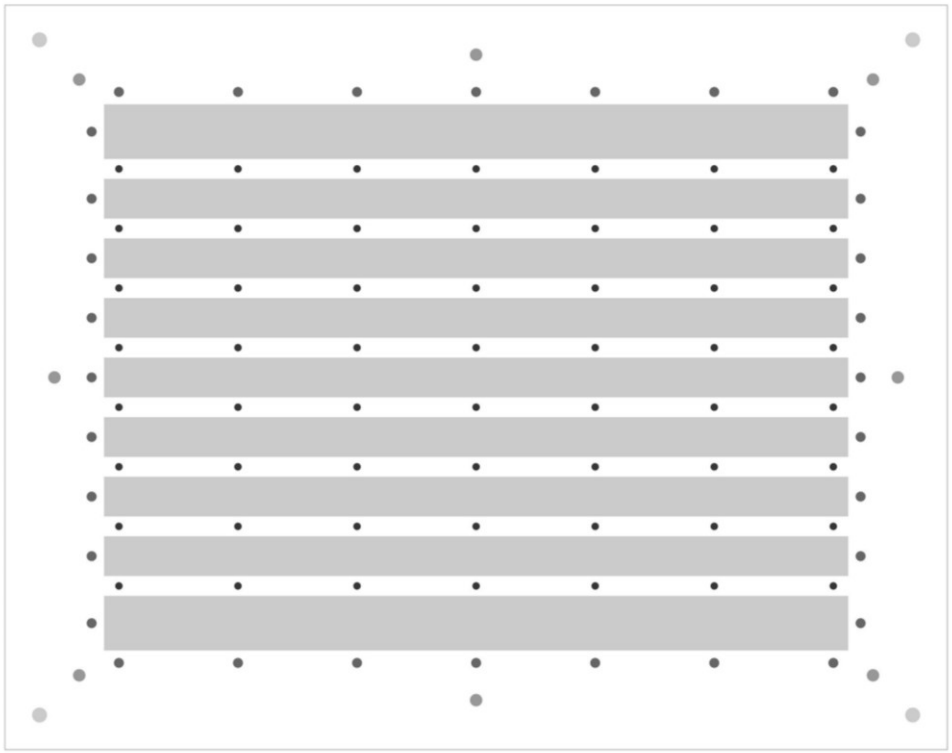
Moldura padrão para molde de gelatinas e afins em estado líquido. Medidas interiores de 220x300mm e dotada de furações extra para garantir estanquidade das substâncias fluidas.

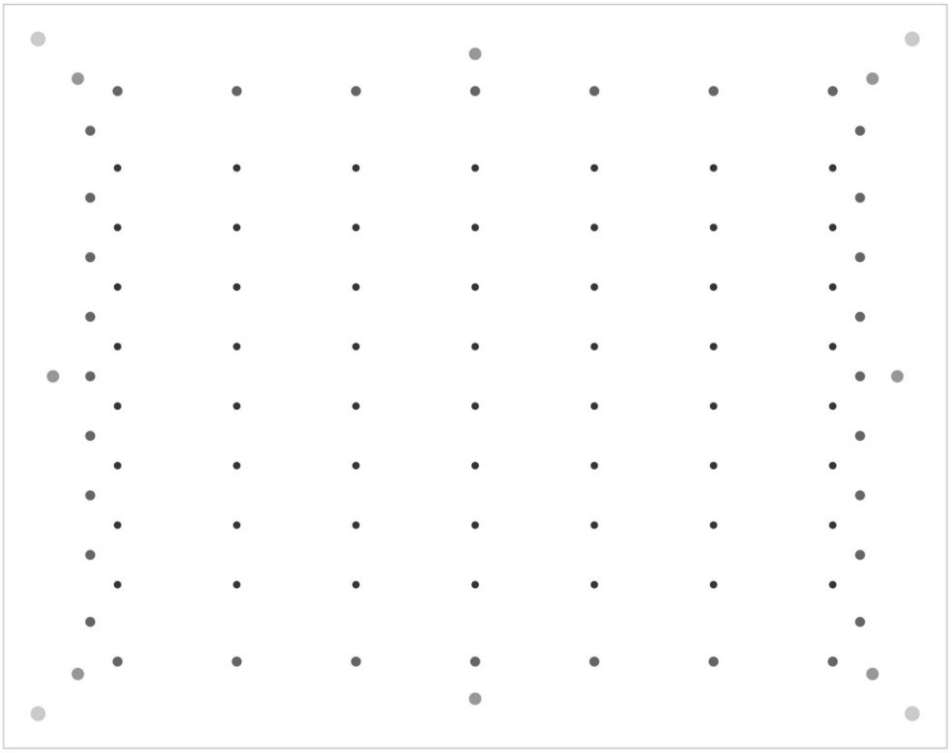




Apêndice C 23. Molde e respectiva base para 8 tiras horizontais de 300x8mm (protótipo 4 semi-contínuo).

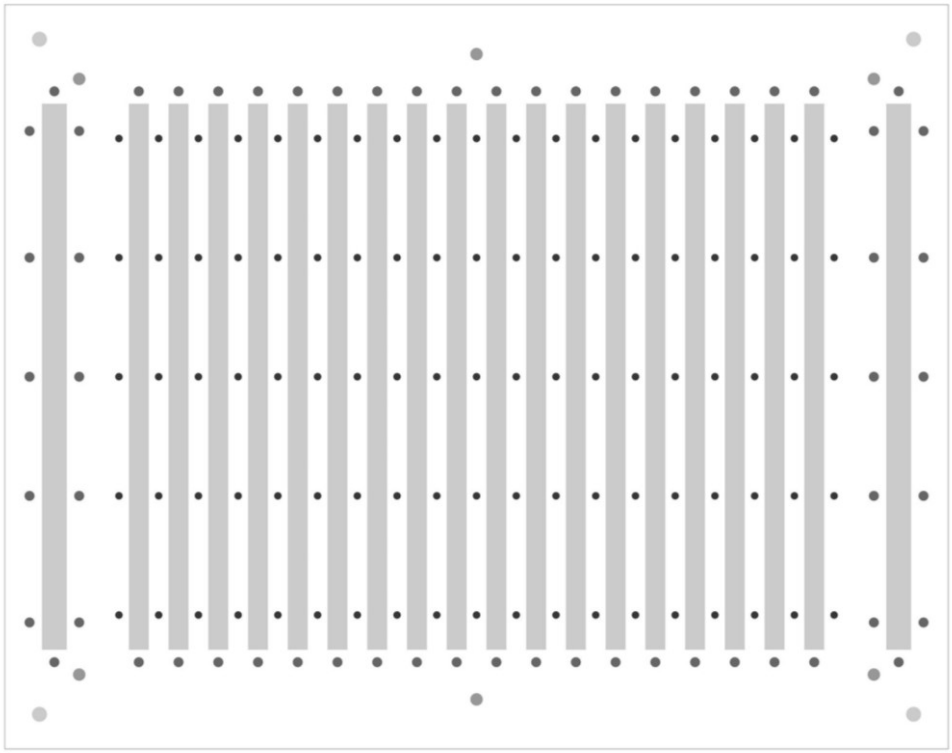
Cima: molde para gelatinas e afins. Furações extra para garantir estanquidade a substâncias fluidas. Acopla por aparafusamento à base. Baixo: base para acoplar o molde para 8 tiras horizontais de 300x8mm.

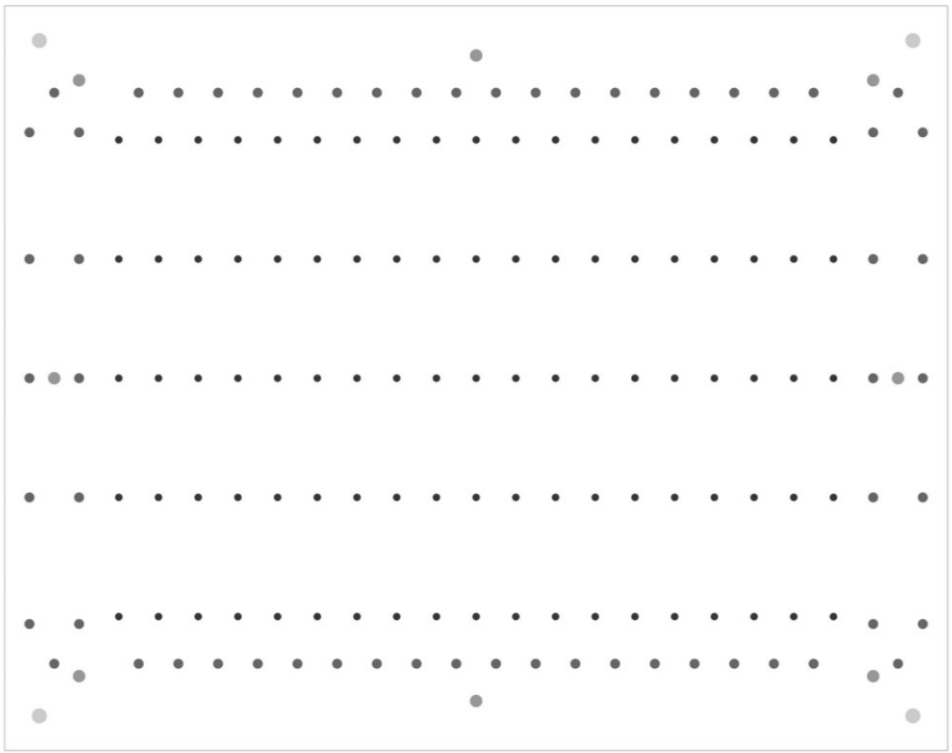




Apêndice C 24. Molde para 8 tiras horizontais de 300x16mm (protótipo 4 semi-contínuo).

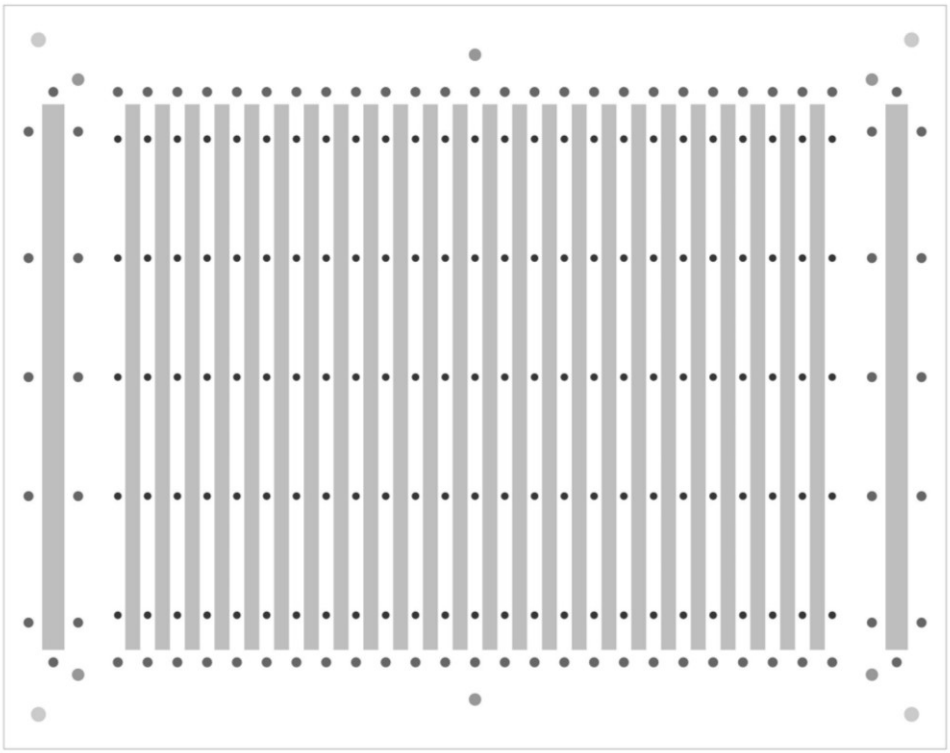
Cima: molde para gelatinas e afins. Furações extra para garantir estanquidade a substâncias fluidas. Acopla por aparafusamento à base. Extremos com duas ranhuras adicionais de 300x24mm para moldar tiras e retirar acrílicos para experiências diversas. Baixo: base para acoplar o molde para 8 tiras horizontais de 300x16mm.

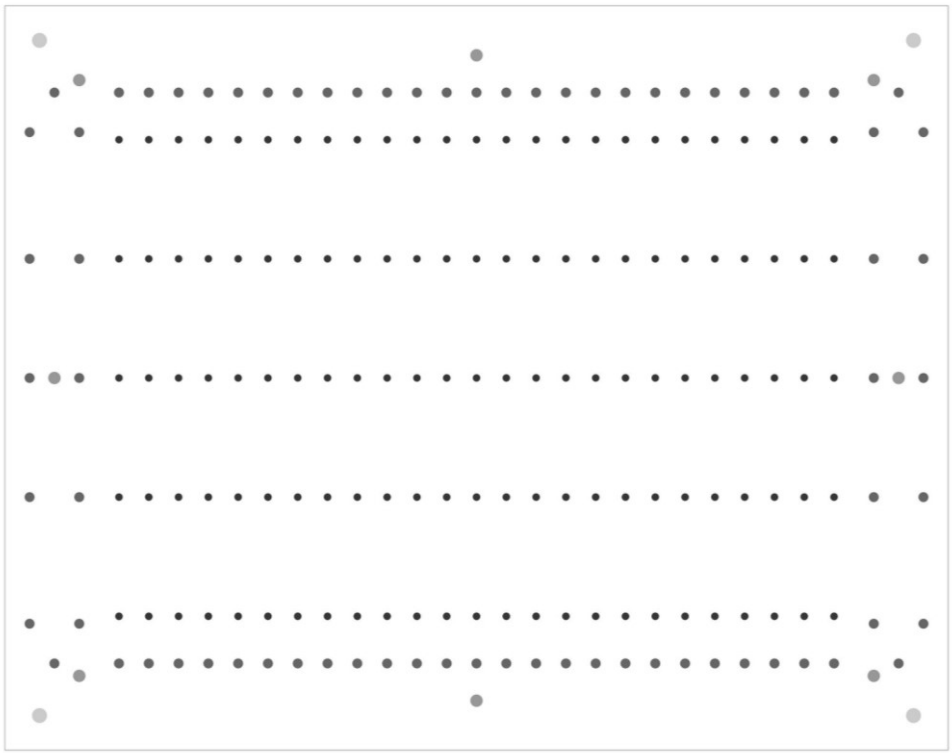




Apêndice C 25. Molde para 18 tiras verticais de 220x8mm (protótipo 4 semi-contínuo).

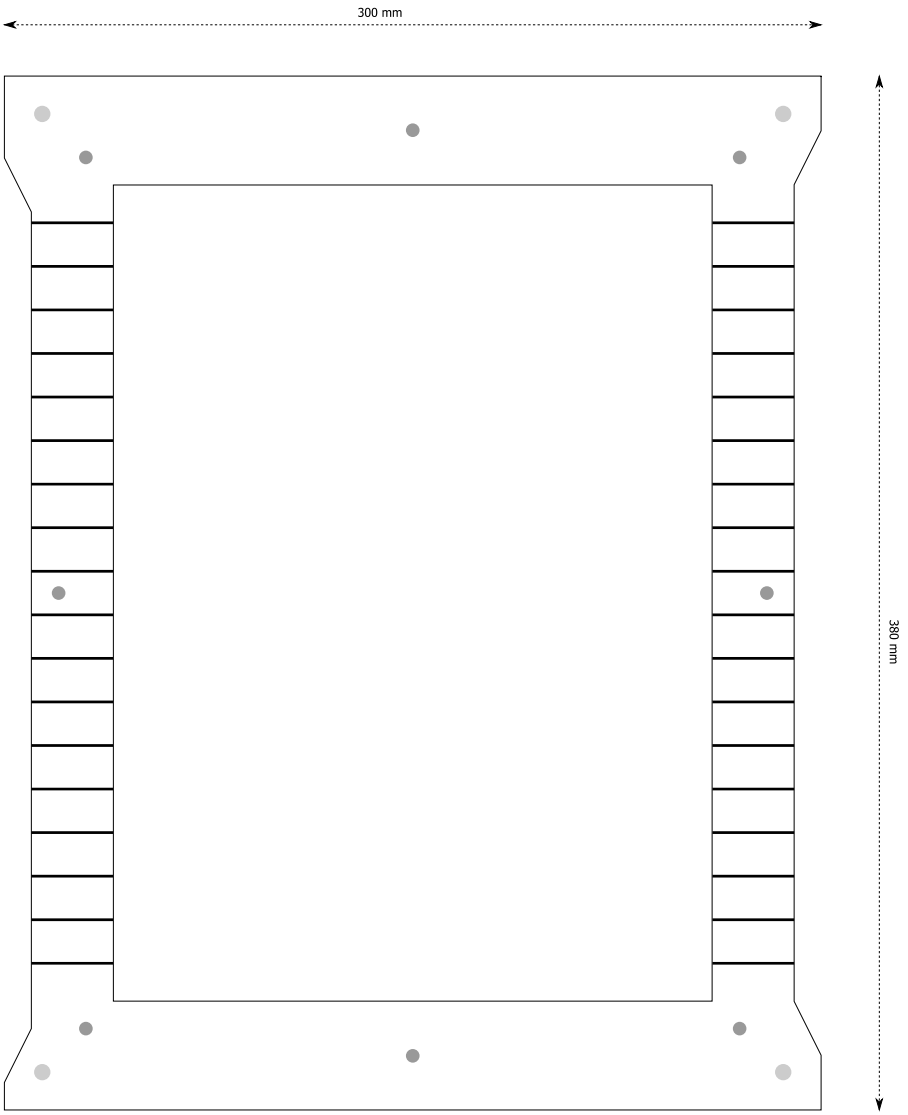
Cima: molde para gelatinas e afins. Furações extra para garantir estanquidade a substâncias fluidas. Acopla por aparafusamento à base. Extremos com duas ranhuras adicionais de 220x12mm para moldar tiras e retirar acrílicos para experiências diversas. Baixo: base para acoplar o molde para 18 tiras verticais de 220x8mm.





Apêndice C 26. Molde para 18 tiras verticais de 220x6mm (protótipo 4 semi-contínuo).

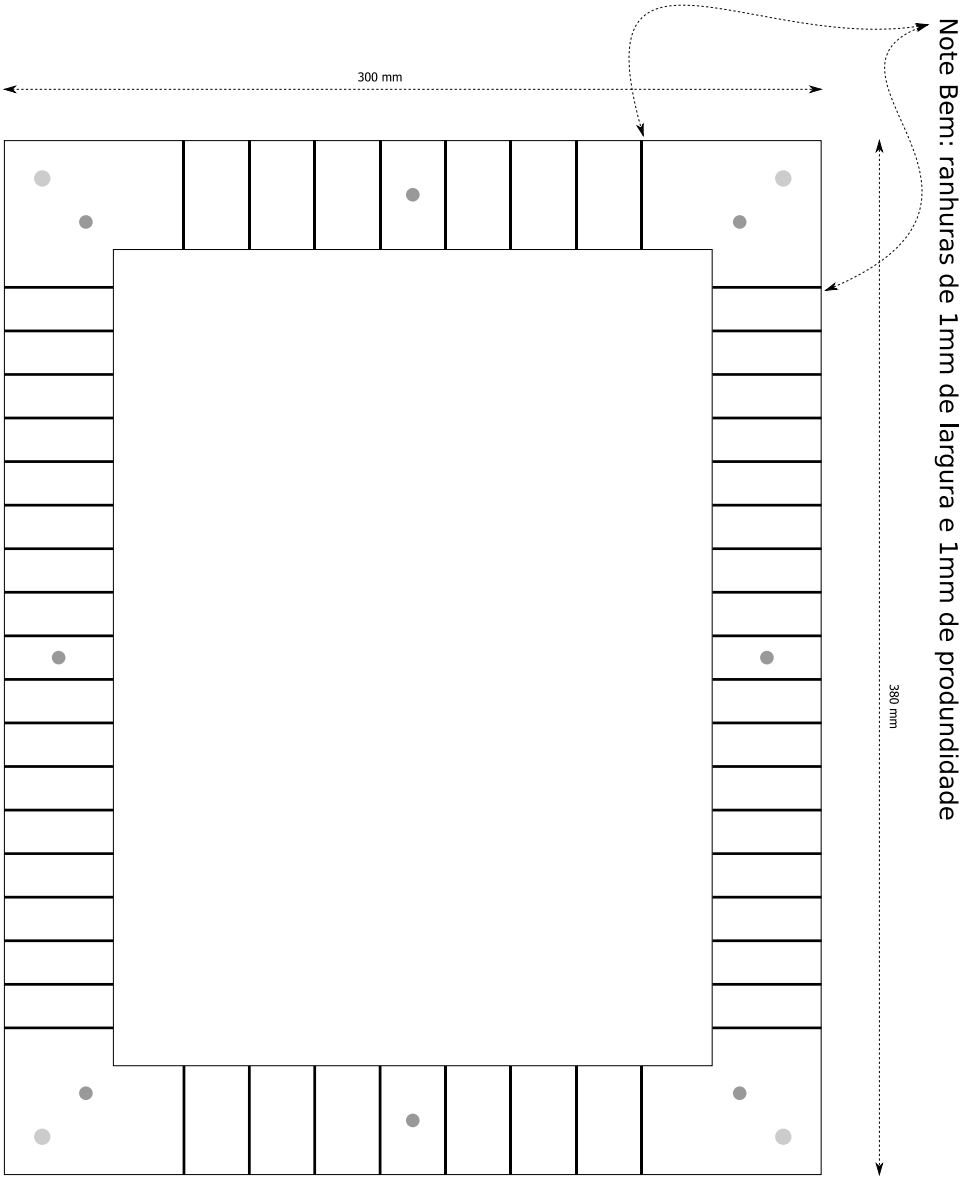
Cima: molde para gelatinas e afins. Furações extra para garantir estanquidade a substâncias fluidas. Acopla por aparafusamento à base. Extremos com duas ranhuras adicionais de 220x12mm para moldar tiras e retirar acrílicos para experiências diversas. Baixo: base para acoplar o molde para 18 tiras verticais de 220x6mm.



MOLDURA FRONTAL 16MM ADAPTADA

Apêndice C 27. Evolução da moldura superior (protótipo 4).

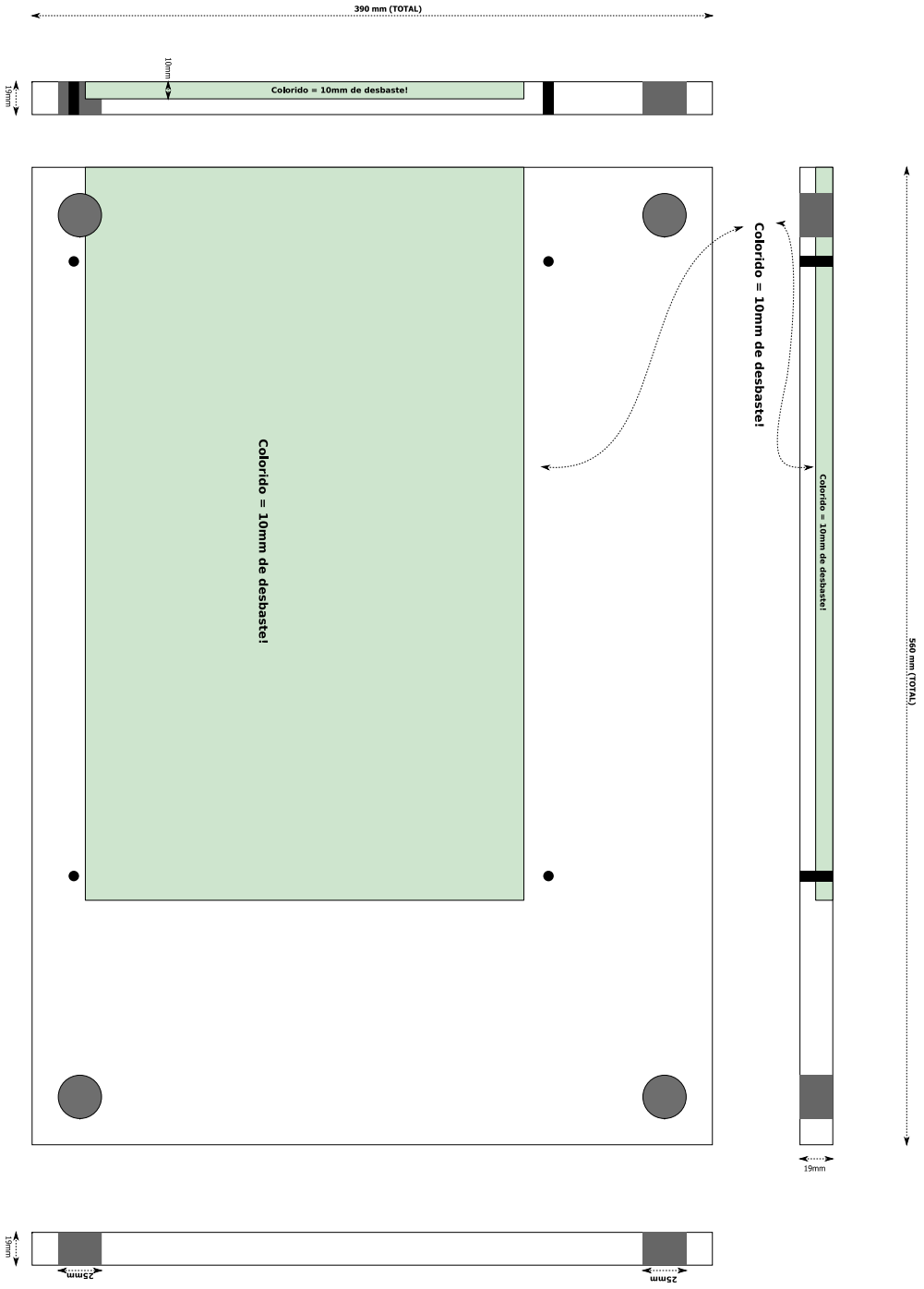
Moldura superior para 18 tiras verticais, utilizada como a camada superior de tamponamento onde os parafusos são apertados com porcas de orelhas (DIN 315). Os sulcos destinados ao encordoamento são a face inferior, sendo a face superior lisa. As reentrâncias exteriores laterais destinam-se a ganhar espaço para acomodar a fixação do encordoamento. Evolução da moldura do Apêndice C 14 com a fusão da moldura do Apêndice C 19.



MOLDURA MISTA 24MM/16MM

Apêndice C 28. Moldura mista para 18 entradas eixo X (16mm) e 8 entradas eixo Y (24mm).

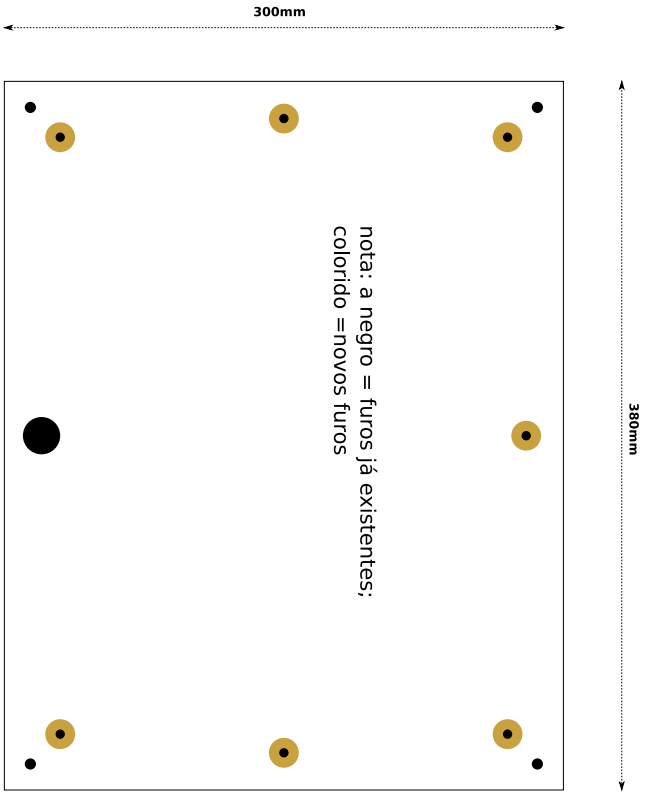
Fusão das molduras do Apêndice C 9 e Apêndice C 19. Utiliza os espaçamentos finais e destina-se a receber o encordoamento superior do eixo X e inferior do eixo Y.



SUPORTE COMPLEMENTAR ECRÃ

Apêndice C 29. Suporte complementar de ecrã com entrada lateral (protótipo 4 versão final).

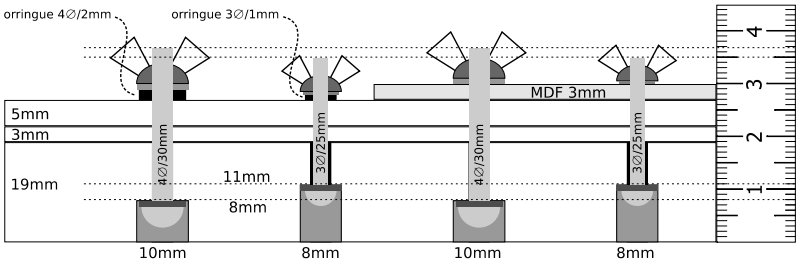
Suporte base final, destinado a encaixar o ecrã ASUS MB168B. A entrada do ecrã realiza-se pela esquerda, de forma a acomodar a ligação USB, também ela realizada pela esquerda. Os furos dos seus cantos destinam-se a encaixar um conjunto de peças para protecção do protótipo durante o seu transporte – em harmonia com a caixa transportadora.



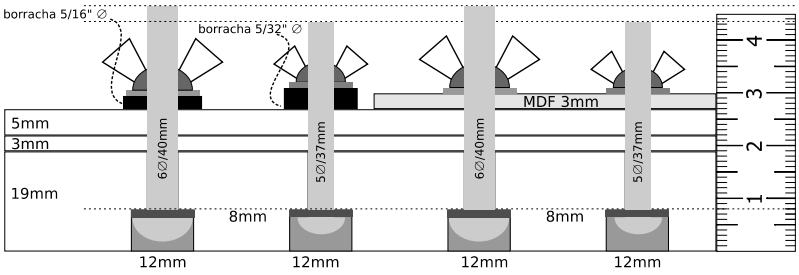
RECTIFICA ACRÍLICO

Apêndice C 30. Rectificação do suporte de acrílico base (protótipo 4).

Rectificação do suporte de acrílico base do conjunto de molduras (Apêndice C 8). Devido à eliminação dos suportes de altura (Apêndice C 7), a base do aparafusamento interior ficará dentro do próprio acrílico, pelo que se torna imperativo alargar a furação de modo a acomodar a cabeças dos parafusos.



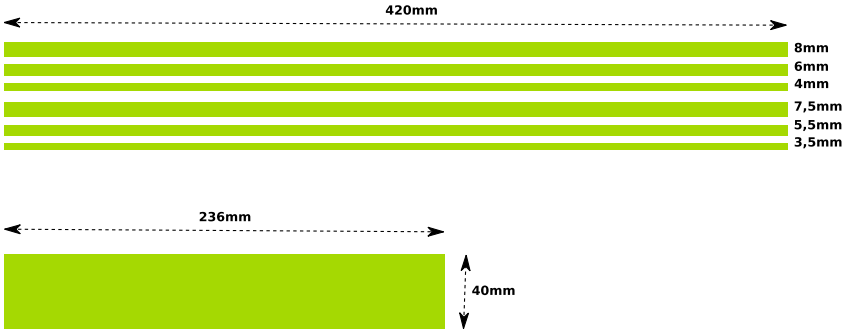
Furos de 4mm e 3mm



Furos de 6mm e 5mm

↑ Exemplos de planeamento de fixações. ↑

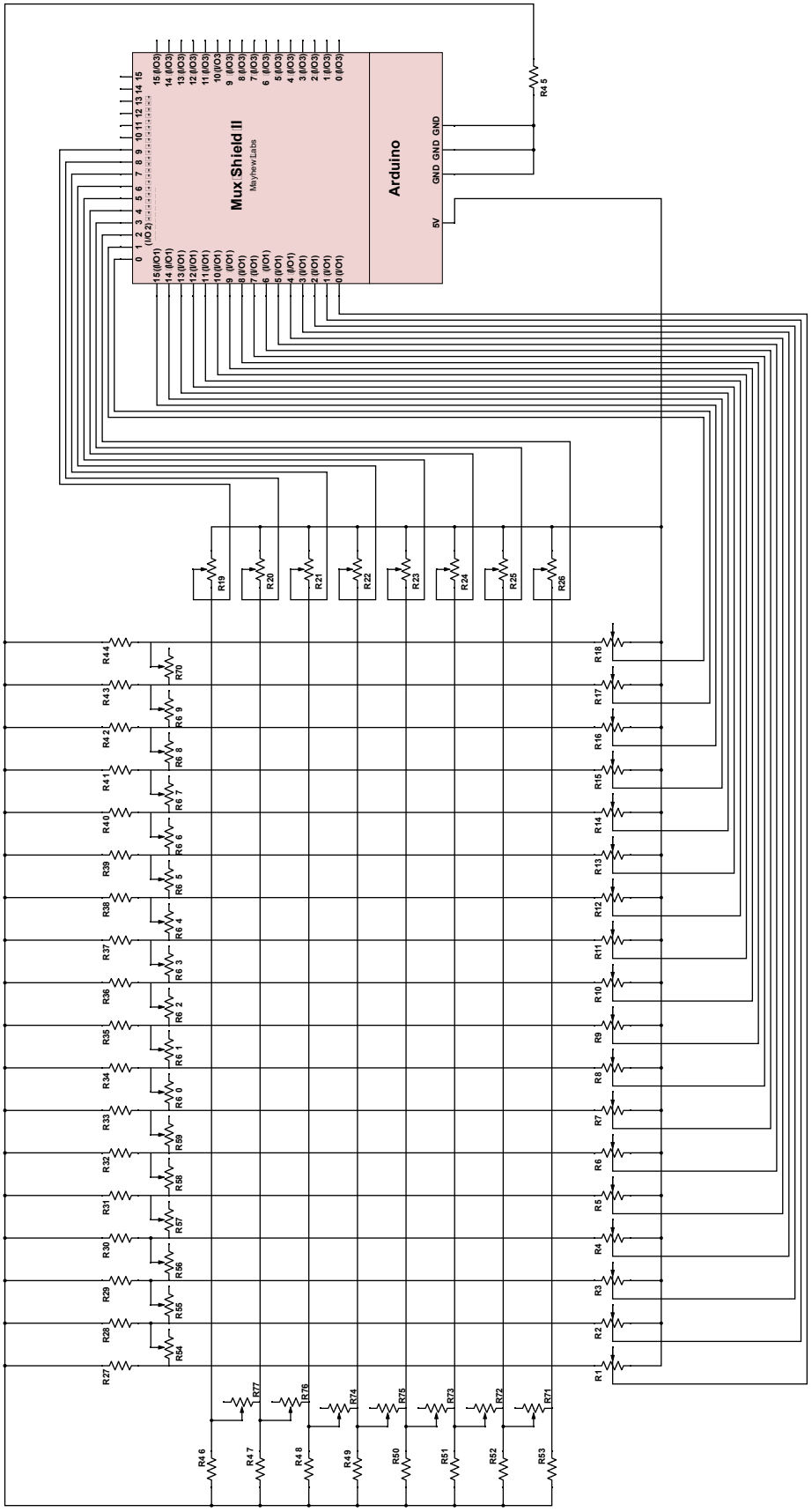
todas peças em MDF com espessura 8mm



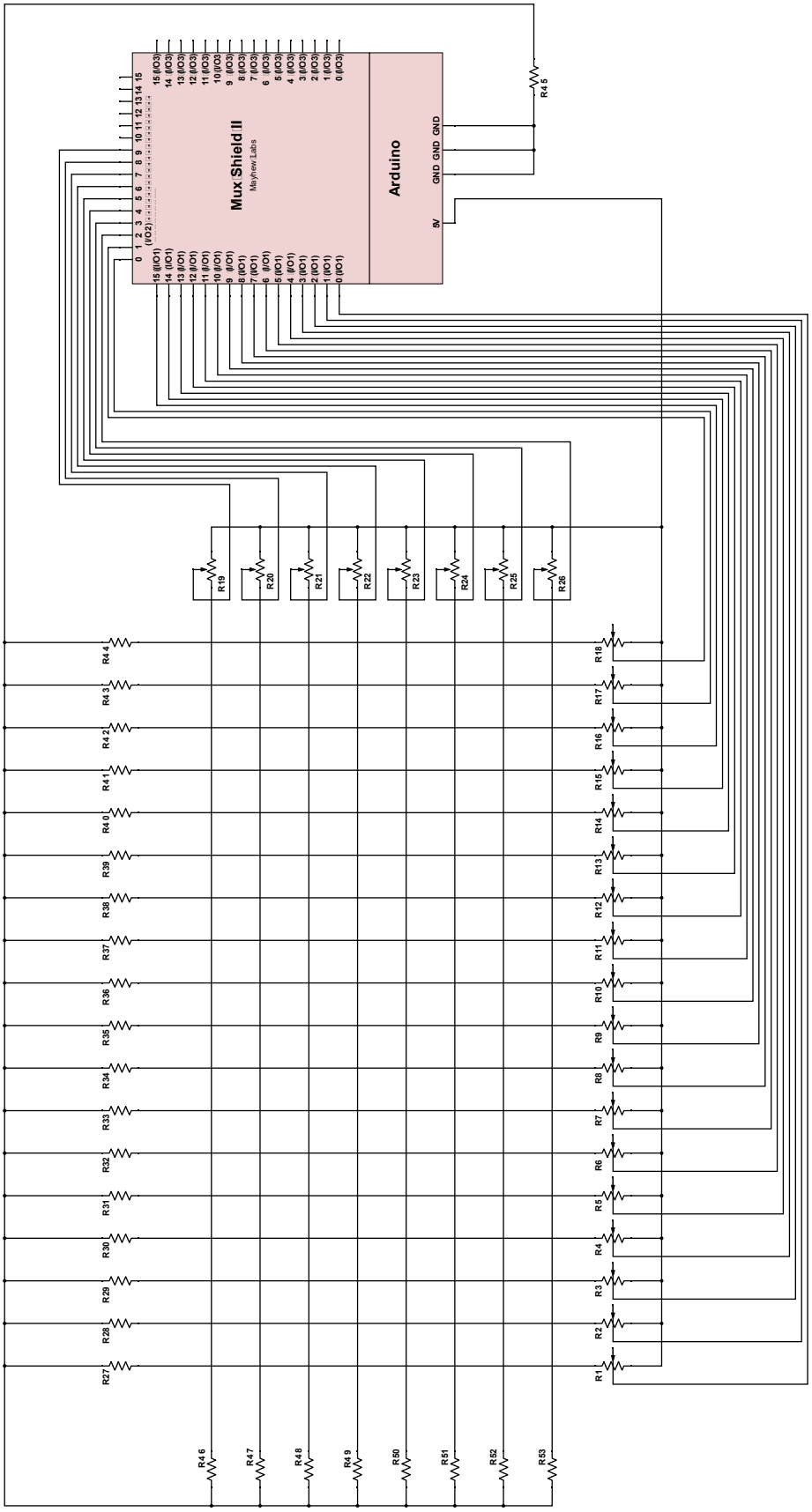
Apêndice C 31. Estudos de dimensionamento e encaixe.

Parte superior: tiras de MDF para inserir nos extremos horizontais dos ecrã após o seu encaixe no suporte base (Apêndice C 29). Como a área de encaixe é ligeiramente mais ampla que a largura do ecrã, estas tiras destinam-se a ajustar o posicionamento deste último em relação ao encordoamento. Este ajuste é útil para acondicionar o ponto de vista do utilizador, que apresenta pequenas variações de acordo com a altura do mesmo e respectivo posicionamento em relação ao protótipo, minimizando o efeito de paralaxe.

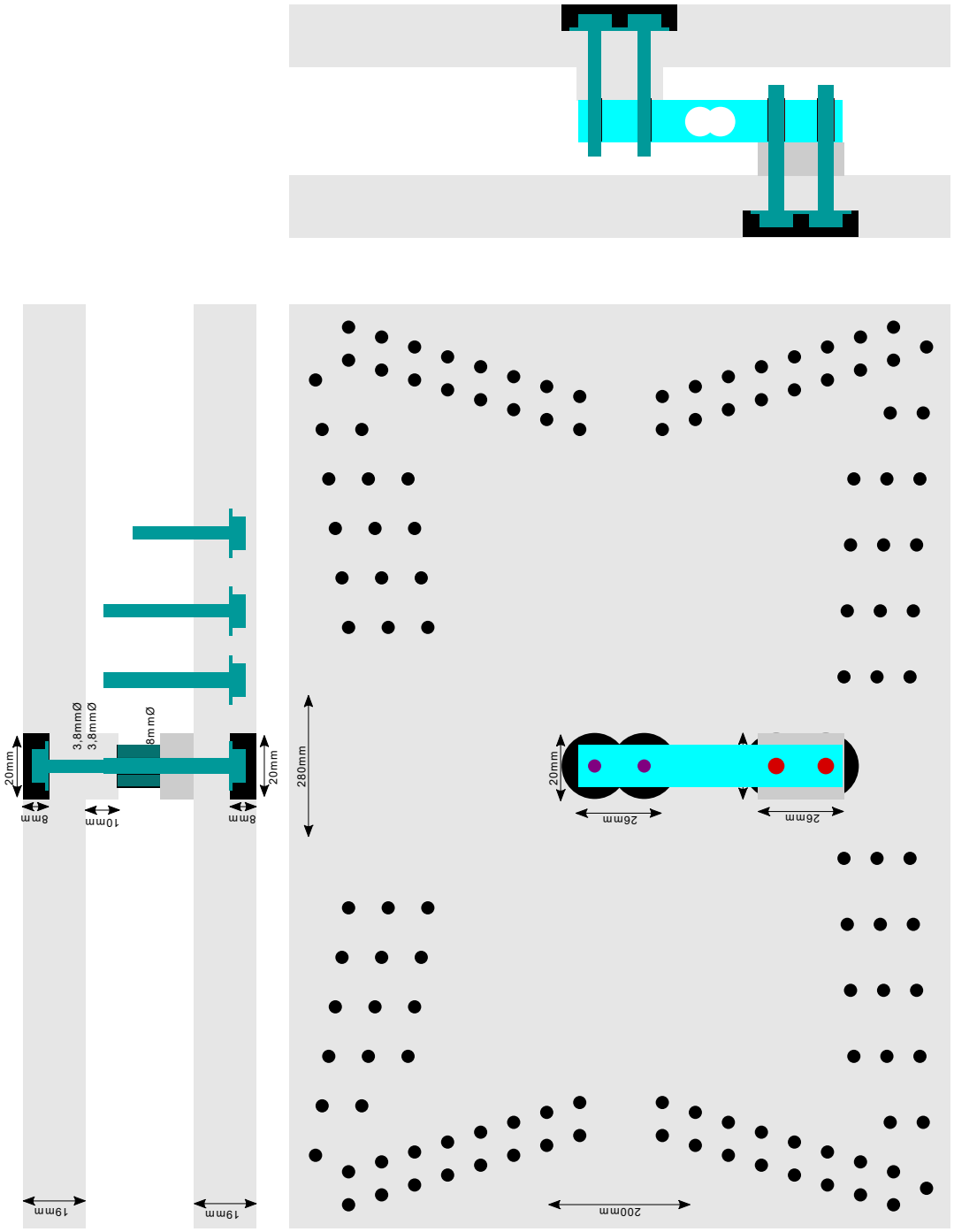
Parte inferior: tira de MDF para inserir no extremo vertical esquerdo do ecrã, selando o ecrã durante o seu transporte.



Apêndice C 32. Esquema electrónico do protótipo 4 (versão contínua ou original).

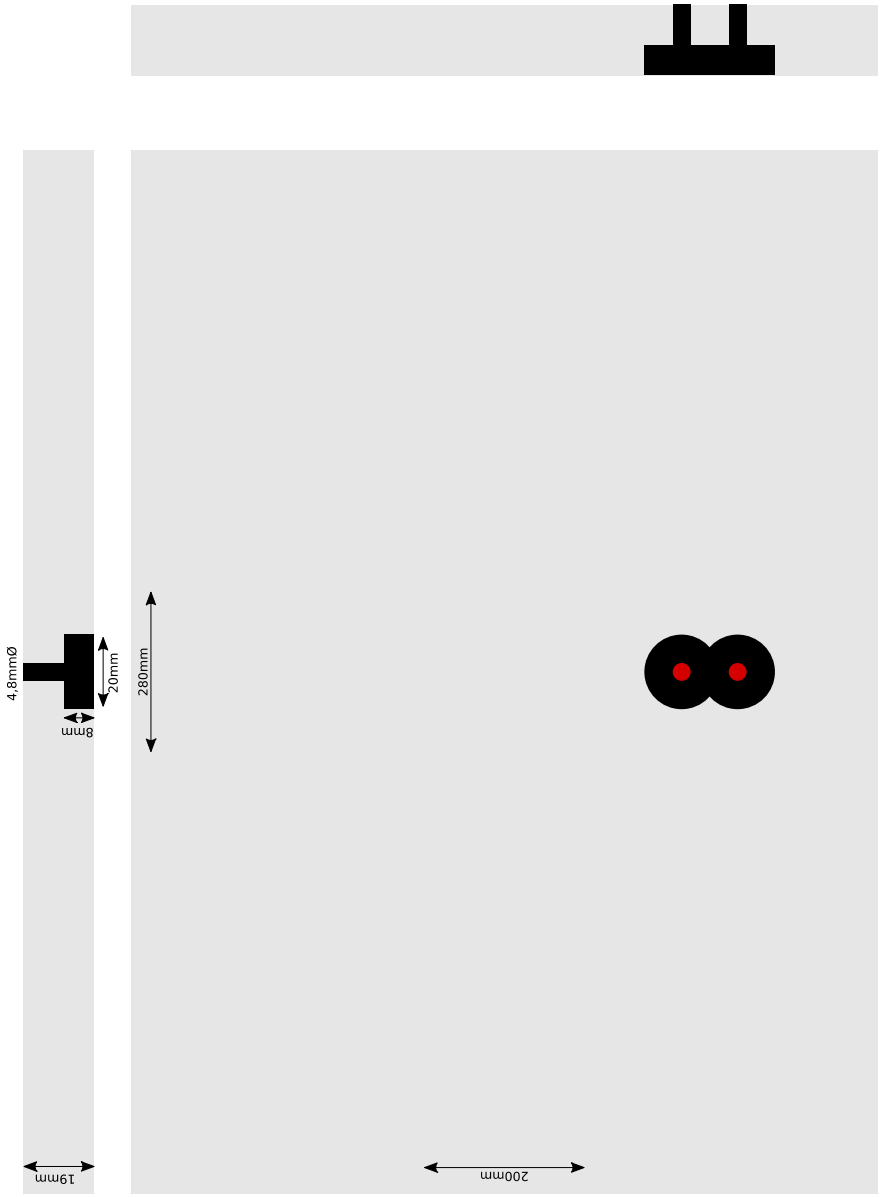


Apêndice C 33. Esquema electrónico do protótipo 4 (versão semi-contínua).

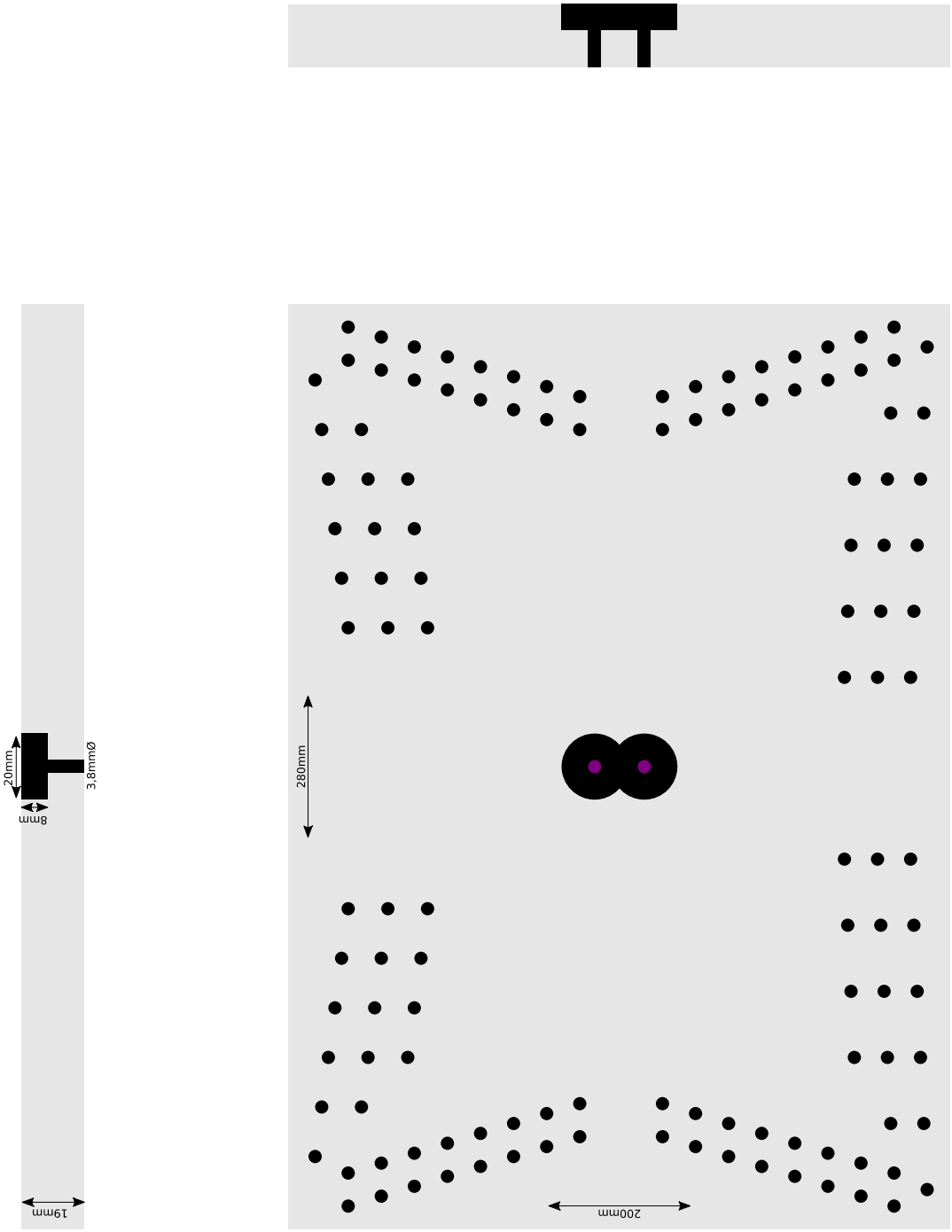


Apêndice C 34. Protótipo 5: esquema geral.

Esquema visto de cima (tabuleiro superior), acumulando a vista da célula de carga e respectivo suporte inferior. As furações excêntricas destinam-se a acomodar eventuais fixações para o acoplamento de diferentes dispositivos.



Apêndice C 35. Protótipo 5: suporte inferior.



Apêndice C 36. Protótipo 5: tabuleiro superior.

As furações excêntricas destinam-se a acomodar eventuais fixações para o acoplamento de diferentes dispositivos.

APÊNDICE D

Apêndice D 1. Tabela de medições de resistência de uma amostra de gelatina 10x10cm e 5mm de espessura. 553

Apêndice D 2. Gráficos das medições de resistência de amostra de gelatina de 5mm de espessura. 554

Apêndice D 3. Tabela de medições de resistência de uma amostra de gelatina 10x10cm e 8mm de espessura. 555

Apêndice D 4. Gráficos das medições de resistência de amostra de gelatina de 8mm de espessura. 556

Apêndice D 5. Tabela e respectivos gráficos de medições de resistência de uma amostra de gelatina 10x10cm e 11mm de espessura. 557

Apêndice D 6. Tabela comparativa de resistência de vários materiais. 558

Apêndice D 7. Código de Arduino para multiplexer para 26 entradas analógicas. 559

Apêndice D 8. Código de Arduino para célula de carga HX711. 560

Apêndice D 9. Exemplo de fragmentação simétrica de teclado, com deslocação para a esquerda. 561

Apêndice D 10. Disposição em cunha à direita. 562

Apêndice D 11. Disposição em cunha à esquerda. 563

Apêndice D 12. Disposição em ziguezague. 564

Apêndice D 13. Disposição em 4ªP (5ªP). 565

Apêndice D 14. Disposição em 3ª Maior (6ª menor). 566

Apêndice D 15. Disposição em 3ª menor (6ª Maior). 567

Apêndice D 16. Disposição em "arco crescente". 568

Apêndice D 17. Comparação da ampliação de 250% de imagens píxel e vectorial. 569

Apêndice D 18. Comparação da ampliação de 250% de imagens píxel e vectorial: exibição de caracteres alfanuméricos de um "comentário", uma "legenda" e a sobreposição de ambos. 570

Apêndice D 19. Mecanismo de auto-calibração contínua. 571

Apêndice D 20. Desmultiplicação da Figura 189. 572

Apêndice D 21. Imagem vectorial do *Continuum Screenboard* com informação máxima em cores negativas. 573

ESPESSURA 5MM / 1kg (TENMA 72-7770 - ESCALA Ω 200K)

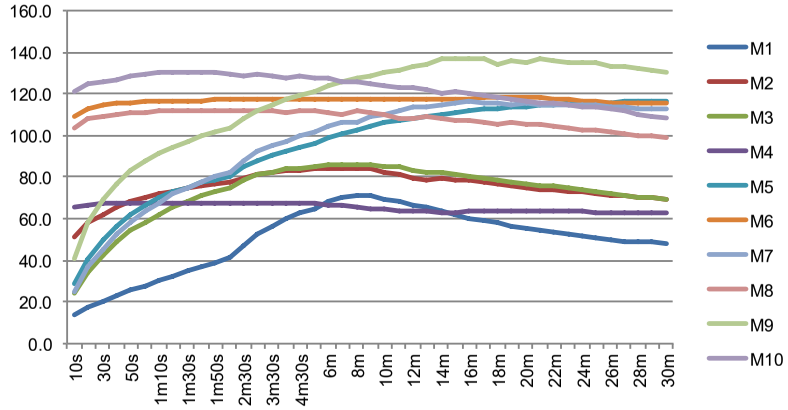
TEMPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
10s	13.8	51.2	24.2	65.7	28.8	109.1	24.7	103.8	40.8	120.7
20s	17.6	57.9	34.4	66.8	40.4	113.1	36.7	107.8	58.0	124.7
30s	20.6	62.2	42.8	67.3	49.6	114.6	45.6	109.4	69.4	126.0
40s	23.3	65.6	48.7	67.5	56.4	115.3	52.7	110.4	77.0	126.3
50s	25.8	68.3	54.1	67.7	61.9	115.8	58.6	111.1	82.9	128.6
1m	28.1	70.3	58.5	67.8	66.4	116.1	63.6	111.4	87.8	129.4
1m10s	30.4	72.0	62.3	**67.9**	69.8	116.3	67.9	111.8	91.6	130.0
1m20s	32.7	73.3	65.6	**67.9**	72.6	116.6	71.7	112.0	94.6	130.1
1m30s	34.8	74.4	68.5	**67.9**	75.1	116.7	74.9	**112.1**	97.4	**130.2**
1m40s	37.0	75.6	70.8	**67.9**	77.2	116.9	77.8	**112.1**	99.9	130.1
1m50s	39.1	76.6	72.7	**67.9**	79.0	117.0	80.3	**112.1**	101.6	130.0
2m	41.1	77.6	74.4	**67.9**	80.8	117.1	82.6	**112.1**	103.6	129.6
2m30s	47.1	79.4	78.7	**67.9**	84.9	117.3	88.0	111.9	108.2	128.7
3m	52.2	81.0	80.9	**67.9**	88.0	117.5	92.0	111.5	111.9	129.0
3m30s	56.5	82.0	82.6	67.8	90.4	117.5	95.1	111.8	114.5	128.1
4m	59.9	83.0	83.8	67.7	92.6	117.6	97.5	111.4	117.3	127.8
4m30s	62.7	83.6	84.5	67.5	94.5	117.5	99.7	111.7	119.4	128.1
5m	65.1	84.1	85.1	67.2	96.1	117.5	101.5	111.5	121.0	127.2
6m	68.2	**84.4**	86.0	66.8	98.9	117.4	104.2	111.1	124.2	127.3
7m	70.0	**84.4**	86.2	66.3	101.2	117.4	106.2	110.0	126.2	126.2
8m	**71.1**	84.2	**86.3**	65.6	103.0	117.6	106.7	111.5	127.8	125.8
9m	70.8	83.8	85.7	64.8	104.6	117.5	108.8	110.6	128.7	124.5
10m	69.7	82.2	85.0	64.5	106.0	117.5	110.0	110.4	130.5	124.1
11m	68.7	81.4	84.7	64.1	107.3	117.4	112.3	108.5	131.3	123.1
12m	66.6	79.9	83.4	63.9	108.3	117.5	113.4	108.2	132.9	122.8
13m	65.3	78.9	82.7	63.6	109.2	117.5	114.0	108.9	134.2	121.6
14m	63.7	79.4	81.9	63.2	110.0	117.6	114.8	108.5	136.8	120.2
15m	61.7	78.9	80.9	63.0	111.1	117.6	115.7	107.4	137.0	120.8
16m	60.3	78.2	80.1	63.6	111.7	117.8	**116.1**	107.3	**137.3**	120.1
17m	59.1	77.3	79.3	63.9	112.4	117.9	115.8	106.6	137.2	119.5
18m	57.9	76.6	78.2	63.8	113.0	118.1	115.9	105.3	134.0	118.5
19m	56.8	75.9	77.5	63.7	113.7	118.1	114.6	106.1	136.3	117.8
20m	55.7	74.9	76.8	63.5	114.1	**118.2**	115.4	105.5	134.9	116.7
21m	54.7	74.3	75.8	63.5	114.5	117.9	114.3	105.0	136.7	115.8
22m	53.4	73.7	75.4	63.5	114.9	117.8	114.4	104.3	135.6	115.2
23m	52.4	73.2	75.1	63.5	115.2	117.5	114.3	103.7	135.1	114.7
24m	51.5	72.6	74.1	63.4	115.4	116.8	114.4	103.0	135.1	114.1
25m	50.8	72.1	73.0	63.2	115.8	116.3	114.4	102.3	134.7	113.4
26m	50.2	71.6	72.0	63.1	116.0	115.9	114.0	101.7	133.4	112.4
27m	49.4	71.2	71.2	62.8	116.3	115.7	113.4	101.1	133.1	111.5
28m	48.9	70.6	70.5	62.8	116.5	115.6	113.0	100.3	132.6	110.4
29m	48.5	69.9	69.9	62.8	**116.7**	115.4	112.9	99.7	131.6	109.4
30m	48.0	69.5	69.4	62.8	**116.7**	115.3	112.4	99.0	130.6	108.4

Valor máximo a negrito e sombreado; M = Medição

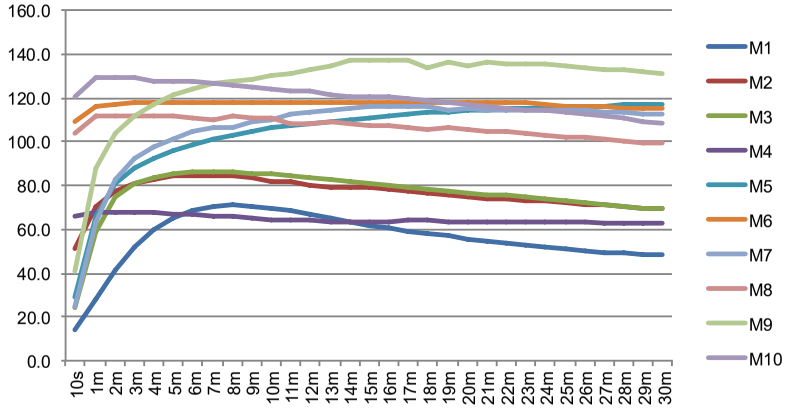
M1 Gelatina sem contacto com multímetro
M2 Teste feito após 4 minutos com o terminal ligado, uns momentos antes do teste
M3 Gelatina sem contacto com multímetro (12h)
M4 Teste feito logo após o anterior, 5 segundos de pausa (cabo desligado)
M5 Gelatina sem contacto com multímetro, ficou dentro da estrutura 12h
M6 Teste feito logo após o anterior, 5 segundos de pausa (cabo desligado)
M7 Gelatina sem contacto com multímetro (12h)
M8 Teste feito logo após o anterior, 5 segundos de pausa (cabo desligado)
M9 Gelatina sem contacto com multímetro (12h)
M10 Teste feito logo após o anterior, 5 segundos de pausa (cabo desligado)

Apêndice D 1. Tabela de medições de resistência de uma amostra de gelatina 10x10cm e 5mm de espessura.

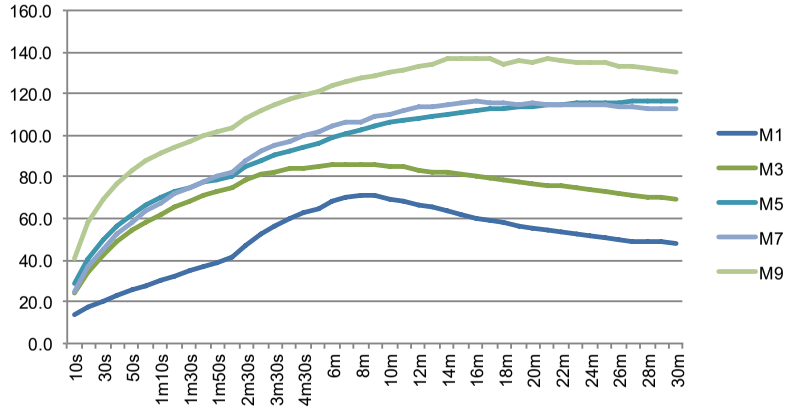
Apêndice D 2. Gráficos das medições de resistência de amostra de gelatina de 5mm de espessura.



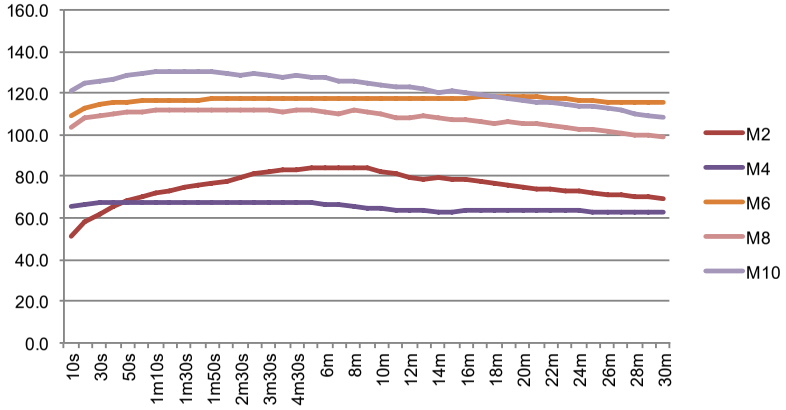
Todas as medições. Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).



Todas as medições. Escala de tempo isométrica (excepto primeiro valor de 10s).



Medições das amostras após repouso. Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).



Medições das amostras após corte de corrente de 5 segundos (excepto medição 2). Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).

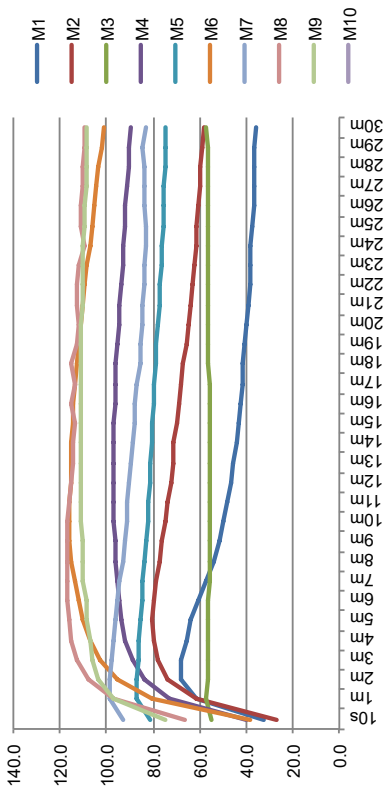
ESPESSURA 8MM / 1kg (TENMA 72-7770 - ESCALA Ω 200K)

TEMPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
10s	32.4	26.9	54.9	39.6	81.5	38.3	92.7	66.2	74.7	
20s	43.7	38.1	56.0	51.6	84.3	53.7	96.2	78.9	84.3	
30s	50.8	46.3	56.4	60.2	85.5	63.6	97.5	86.2	88.9	
40s	55.7	52.7	56.7	65.7	86.1	71.0	98.1	90.8	92.2	
50s	58.8	57.3	56.8	70.0	86.5	76.6	98.4	94.2	94.8	
1m	61.4	61.8	**56.9**	73.1	86.8	80.6	98.6	97.1	96.8	
1m10s	63.4	65.9	**56.9**	75.7	86.9	84.3	**98.7**	99.7	98.4	
1m20s	64.8	67.6	**56.9**	77.9	**87.0**	87.9	**98.7**	101.8	99.9	
1m30s	65.9	69.7	**56.9**	79.7	**87.0**	89.9	98.6	103.6	101.1	
1m40s	66.9	71.4	**56.9**	81.1	86.9	92.0	98.6	105.2	102.4	
1m50s	67.5	72.8	**56.9**	82.6	86.8	93.9	98.6	106.7	103.0	
2m	67.8	74.0	56.8	83.8	86.8	95.6	98.5	107.8	103.4	
2m30s	**68.1**	76.6	56.7	86.8	86.7	99.8	98.2	110.5	104.5	
3m	67.7	78.0	56.6	89.0	86.5	102.7	97.8	112.5	105.7	
3m30s	66.7	79.1	56.6	90.6	86.2	105.2	97.4	114.1	106.7	
4m	65.8	79.9	56.5	91.9	85.9	107.2	97.0	115.0	107.3	
4m30s	64.9	**80.2**	56.4	92.7	85.7	108.8	96.7	115.5	107.9	
5m	63.5	80.1	56.3	93.8	85.4	110.0	96.2	116.0	108.3	
6m	60.6	79.5	56.1	94.7	84.9	112.0	95.3	117.0	108.9	
7m	57.4	78.5	56.0	95.4	84.3	113.5	94.2	**117.1**	109.9	
8m	54.3	77.3	55.8	95.9	83.5	114.8	93.2	117.0	110.4	
9m	51.7	76.0	55.6	96.3	82.9	115.6	92.0	116.6	110.6	
10m	49.5	74.7	55.3	96.9	82.4	**116.1**	91.4	116.7	110.7	
11m	47.9	73.6	55.3	96.9	81.9	116.0	91.1	116.1	110.7	
12m	46.6	72.1	55.4	96.9	81.5	115.5	90.4	114.9	110.7	
13m	45.4	71.1	55.7	**97.1**	81.0	115.2	89.8	114.4	110.8	
14m	44.4	71.0	55.8	97.0	80.6	115.0	88.9	114.2	110.8	
15m	43.5	70.0	56.0	96.7	80.2	114.6	88.2	113.5	111.0	
16m	42.7	68.8	56.0	96.5	79.7	114.2	87.7	114.9	111.0	
17m	41.9	67.8	56.0	96.3	79.2	113.6	87.0	113.9	110.9	
18m	41.2	66.8	56.1	96.0	78.8	112.8	85.8	115.5	**111.2**	
19m	40.5	65.8	56.4	95.5	78.4	111.9	85.3	112.7	**111.2**	
20m	39.8	64.9	56.6	94.6	78.0	111.1	84.8	112.1	110.9	
21m	39.1	64.1	56.6	94.2	77.4	110.3	84.3	112.5	110.2	
22m	38.6	63.3	56.7	93.7	76.9	109.3	83.9	112.5	110.2	
23m	38.3	62.4	56.7	93.2	76.6	108.3	83.5	112.2	110.1	
24m	37.9	61.7	56.6	92.7	76.2	107.2	83.2	109.5	109.8	
25m	37.5	61.0	56.6	92.4	75.5	106.1	83.1	111.0	109.5	
26m	36.9	60.6	56.6	91.8	75.5	105.3	83.6	111.1	109.3	
27m	36.8	60.0	56.7	91.1	75.2	104.2	83.5	110.3	108.9	
28m	36.4	59.4	56.8	90.5	74.9	103.3	84.0	110.0	108.9	
29m	36.2	58.8	56.8	90.0	74.6	102.2	84.2	109.6	108.6	
30m	36.0	58.2	57.0	89.4	74.3	101.3	83.0	109.4	108.6	

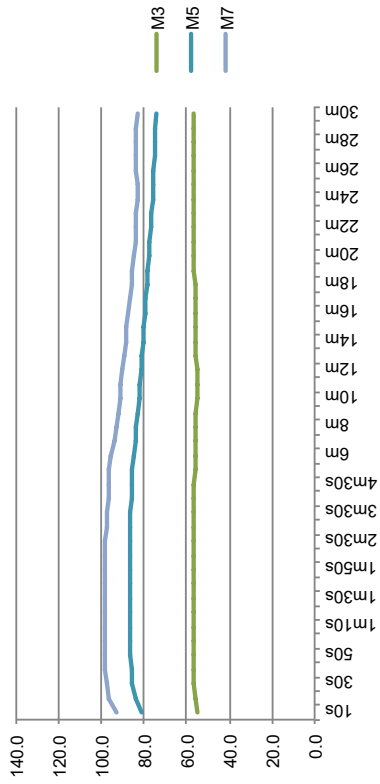
Valor máximo a negrito e sombreado; M = Medição

M1 Gelatina sem contacto com multímetro
M2 Gelatina sem contacto com multímetro
M3 Teste realizado logo após o anterior (5 segundos depois de desligar a ligação)
M4 Gelatina sem contacto com multímetro (+12h)
M5 Teste realizado logo após o anterior (5 segundos depois de desligar a ligação)
M6 Gelatina sem contacto com multímetro (+12h)
M7 Teste realizado logo após o anterior (5 segundos depois de desligar a ligação)
M8 Gelatina sem contacto com multímetro (+12h)
M9 Gelatina sem contacto com multímetro (+12h)
M10 Não realizado

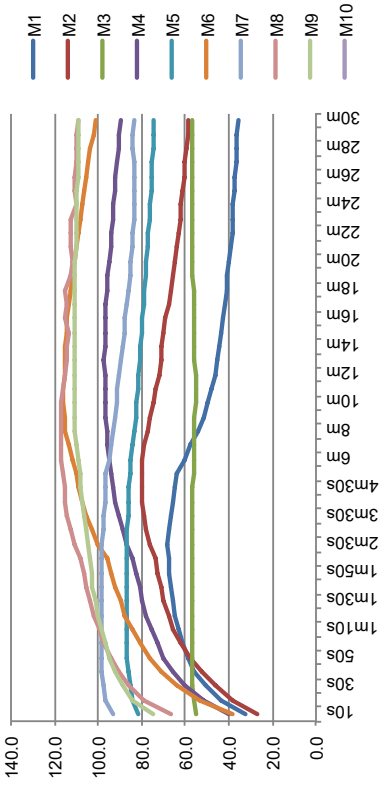
Apêndice D 3. Tabela de medições de resistência de uma amostra de gelatina 10x10cm e 8mm de espessura.



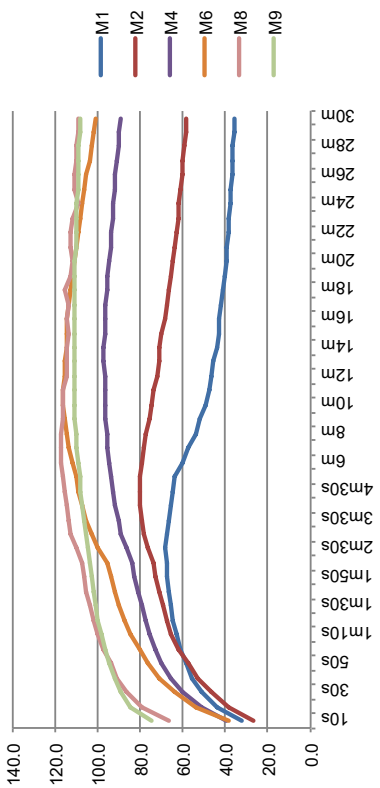
Conjunto de todas as medições. Escala de tempo isométrica (excepto primeiro valor de 10s).



Medições das amostras após corte de corrente de 5 segundos. Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).



Conjunto de todas as medições. Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).



Medições das amostras após repouso. Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).

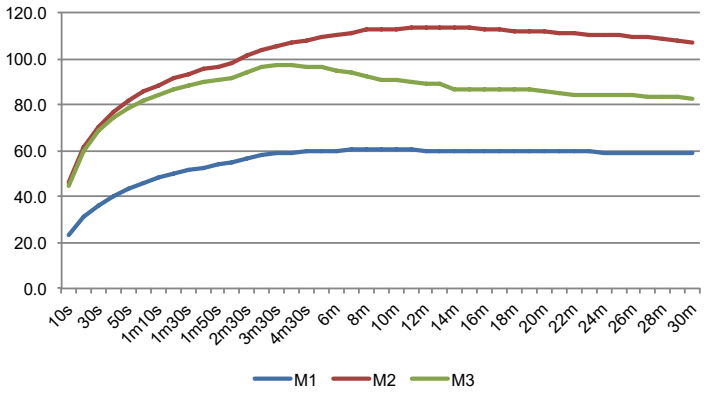
Apêndice D 4. Gráficos das medições de resistência de amostra de gelatina de 8mm de espessura.

ESPESSURA 11MM / 1kg
(TENMA 72-7770 - ESCALA Ω 200K)

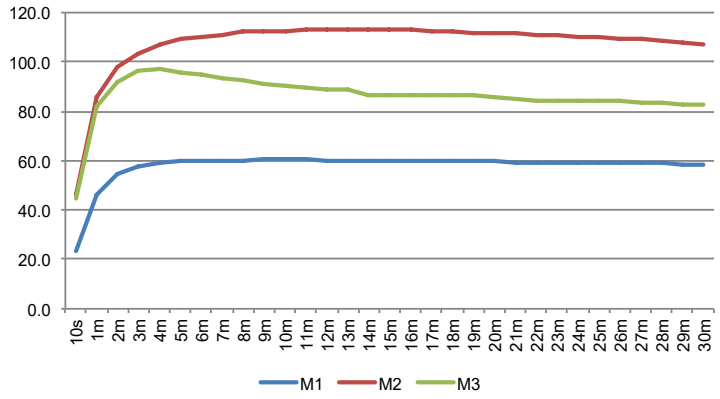
TEMPO	M1	M2	M3	M4
10s	23.2	46.1	44.6	
20s	31.0	61.1	59.5	
30s	36.4	70.4	68.3	
40s	40.4	77.0	74.0	
50s	43.6	81.7	78.3	
1m	46.2	85.5	81.9	
1m10s	48.2	88.6	84.2	
1m20s	50.0	91.3	86.9	
1m30s	51.4	93.4	88.3	
1m40s	52.6	95.4	89.6	
1m50s	53.6	96.7	90.7	
2m	54.5	98.2	91.6	
2m30s	56.6	101.4	93.9	
3m	58.0	103.6	96.1	
3m30s	58.9	105.4	96.8	
4m	59.2	106.7	**96.9**	
4m30s	59.5	107.5	96.2	
5m	59.8	109.1	96.0	
6m	59.9	110.4	94.6	
7m	60.2	111.1	93.6	
8m	60.2	112.6	92.3	
9m	60.4	112.6	90.8	
10m	**60.5**	112.6	90.6	
11m	60.3	113.2	89.5	
12m	60.1	113.1	89.0	
13m	60.1	**113.5**	88.7	
14m	60.1	113.2	86.2	
15m	60.1	113.1	86.8	
16m	60.0	112.9	86.7	
17m	60.0	112.6	86.7	
18m	59.9	112.2	86.4	
19m	59.8	111.9	86.9	
20m	59.6	111.7	85.5	
21m	59.4	111.3	84.8	
22m	59.4	111.1	84.4	
23m	59.3	110.6	84.5	
24m	59.2	110.4	84.2	
25m	59.1	110.0	84.1	
26m	59.0	109.6	84.0	
27m	58.8	109.2	83.6	
28m	58.8	108.3	83.6	
29m	58.7	107.7	83.1	
30m	58.6	107.1	82.8	

Valor máximo a negrito e sombreado; M = Medição.

M1 Teste virgem
M2 Teste c/ mais de 12h de pausa
M3 Teste c/ mais de 12h de pausa
M4 Não realizado



Todas as medições. Escala de tempo deformada (mais detalhe no início da régua temporal).



Todas as medições. Escala de tempo isométrica (excepto primeiro valor de 10s).

Apêndice D 5. Tabela e respectivos gráficos de medições de resistência de uma amostra de gelatina 10x10cm e 11mm de espessura.

Testes de resistividade efectuados com multímetro TENMA 72-7770. As colunas da resistividade e espessura indicam os valores anunciados pelo fabricante. O símbolo "//" significa falta de valores de referência (por falta de dados do fabricante ou etiquetagem). As colunas com a indicação Ω (Ohm) contêm as medições feitas, de acordo com a escala do multímetro. * Substrate: polyester (87%) Conductive Fiber: BASF Resistat (13%) ** Malha afastada *** Unstretched **** Tem partes condutores e outras isolantes. L = Ultrapassa os valores máximos da escala utilizada. MV = Muito Variável.

Teste de medição Plataforma (TP)

Medições efectuadas com uma plataforma de 10x10cm.

Material	Resistividade	Espessura	200Ω	2000Ω	20KΩ	200KΩ	20MΩ	200MΩ
NICKEL MESSH FABRIC (Cat. #263)	< 0.1 Ohm/sq	0.008 inch	2.7	3	0	0	0	1
VeilShield (TM) (Cat. #1270)	< 0.1 Ohm/sq	//	3.1-3.7	4	0	0	0	1
Flec Tron (R) Concuctive Fabric (Cat. #A1212)	< 0.1 Ohm/sq	0.006 inch	2.5-3.0	3	0	0	0	1
EX-STATIC Conductive Fabric */ **/****	10 (exp5)/Ohms/sq	//	L	1150-1600	2.22-3	2.6-2.8	0	1
NATURASHIELD FABRIC (Cat. #1255)	10 (exp9)/Ohms/sq	//	L	L	L	L	L	L
Flec Tron (R) - N Conductive Fabric (Cat. #1212-N)	< 0.1 Ohm/sq	0.006 inch	2.0-2.2	2	0	0	0	1
High Performance Silver Mesh Fabric (Cat. #1222) **	< 0.5 Ohms/sq	//	2.0-2.3	2	0	0	0	1
See-Thru Conductive Fabric (Cat. #209)**	< 5 Ohms/sq	//	2.1-2.3	2	0	0	0	1
Stainless Stell Mesh Shielding Fabric (Cat. #272)**	//	//	2.0-2.3	2	0	0	0	1
CobaltTex (TM) (Cat. #1271)	< 0.1 Ohm/sq	//	1.5-1.6	1	0	0	0	1
Stretch Condutive Fabric (Cat. #251)	< 0.1 Ohm/sq***	0.50 mm	2.6-3.0	3	0	0	0	1
Velostat	//	//	110-120	90-100	0.09-0.15	0.1	0	1
Velostat 12 camadas	//	//	L	230-260	0.23	0.2	0	1
Velostat 24 camadas	//	//	L	315-335	0.31-0.32	0.3	0	1
Mecanismo de medição TP			**2.1-2.3**	**2**	**0**	**0**	**0**	**1**

Teste de medição Plataforma acrescida de 2kg (TP + 2kg)

Medições efectuadas com uma plataforma de 10x10cm com a sobreposição de um peso de 2kg.

Material + 2kg	Resistividade	Espessura	200Ω	2000Ω	20KΩ	200KΩ	20MΩ	200MΩ
NICKEL MESSH FABRIC (Cat. #263)	< 0.1 Ohm/sq	0.008 inch	2.0-2.2	2	0	0	0	1
VeilShield (TM) (Cat. #1270)	< 0.1 Ohm/sq	//	3.0-3.4	3	0	0	0	1
Flec Tron (R) Concuctive Fabric (Cat. #A1212)	< 0.1 Ohm/sq	0.006 inch	2.0-3.0	2	0	0	0	1
EX-STATIC Conductive Fabric */ **/****	10 (exp5)/Ohms/sq	//	L	680-880	0.66-1.02	0.8	0	1
NATURASHIELD FABRIC (Cat. #1255)	10 (exp9)/Ohms/sq	//	L	L	L	L	L	L
Flec Tron (R) - N Conductive Fabric (Cat. #1212-N)	< 0.1 Ohm/sq	0.006 inch	1.9-2.1	2	0	0	0	1
High Performance Silver Mesh Fabric (Cat. #1222) **	< 0.5 Ohms/sq	//	1.7-2.0	2	0	0	0	1
See-Thru Conductive Fabric (Cat. #209)**	< 5 Ohms/sq	//	1.8-2.0	2	0	0	0	1
Stainless Stell Mesh Shielding Fabric (Cat. #272)**	//	//	2.0-2.5	2	0	0	0	1
CobaltTex (TM) (Cat. #1271)	< 0.1 Ohm/sq	//	1.4-1.5	1	0	0	0	1
Stretch Condutive Fabric (Cat. #251)	< 0.1 Ohm/sq***	0.50 mm	2.0-2.4	2	0	0	0	1
Velostat	//	//	15-25	20-27	0.02	0	0	1
Velostat 12 camadas	//	//	110-130	105-120	0.1	0.1	0	1
Velostat 24 camadas	//	//	105-115	95-115	0.1	0.1	0	1
Mecanismo de medição TP + 2kg			**1.7-1.9**	**2**	**0**	**0**	**0**	**1**

Apêndice D 6. Tabela comparativa de resistência de vários materiais.

```
//This example shows how to use the Mux Shield for analog inputs

#include <MuxShield.h>

//Initialize the Mux Shield
MuxShield muxShield;

void setup()
{
    //Set I/O 1, I/O 2, and I/O 3 as analog inputs
    muxShield.setMode(1,ANALOG_IN);
    muxShield.setMode(2,ANALOG_IN);
    muxShield.setMode(3,ANALOG_IN);

    Serial.begin(9600);
}

//Arrays to store analog values after recieving them
int IO1AnalogVals[16];
int IO2AnalogVals[16];
int IO3AnalogVals[16];

void loop()
{
  for (int i=0; i<16; i++)
  {
    //Analog read on all 16 inputs on IO1, IO2, and IO3
    IO1AnalogVals[i] = muxShield.analogReadMS(1,i);
    IO2AnalogVals[i] = muxShield.analogReadMS(2,i);
    IO3AnalogVals[i] = muxShield.analogReadMS(3,i);
  }
  //Print IO1 values for inspection
  Serial.print("IO1 analog values: ");
  for (int i=0; i<16; i++)
  {
    Serial.print(IO1AnalogVals[i]);
    Serial.print('\t');
  }
  Serial.println();
  //Print IO2 values for inspection
  Serial.print("IO2 analog values: ");
  for (int i=0; i<16; i++)
  {
    Serial.print(IO2AnalogVals[i]);
    Serial.print('\t');
  }
  Serial.println();
}
```

Apêndice D 7. Código de Arduino para multiplexer para 26 entradas analógicas.

Passo prévio: instalar “library” da placa HX711

https://github.com/bogde/HX711

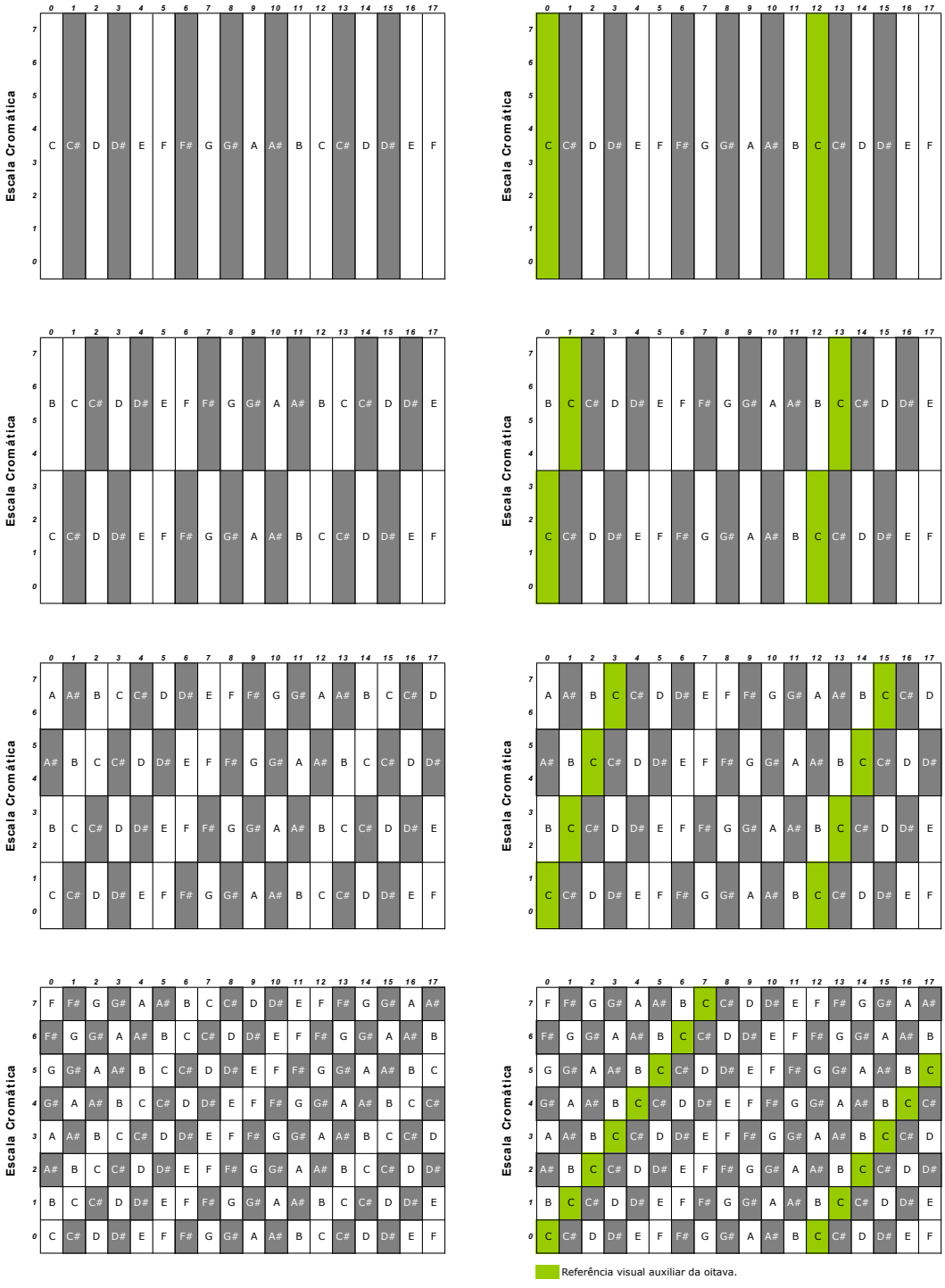
```
#include "HX711.h"

HX711 cell{3, 2};

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

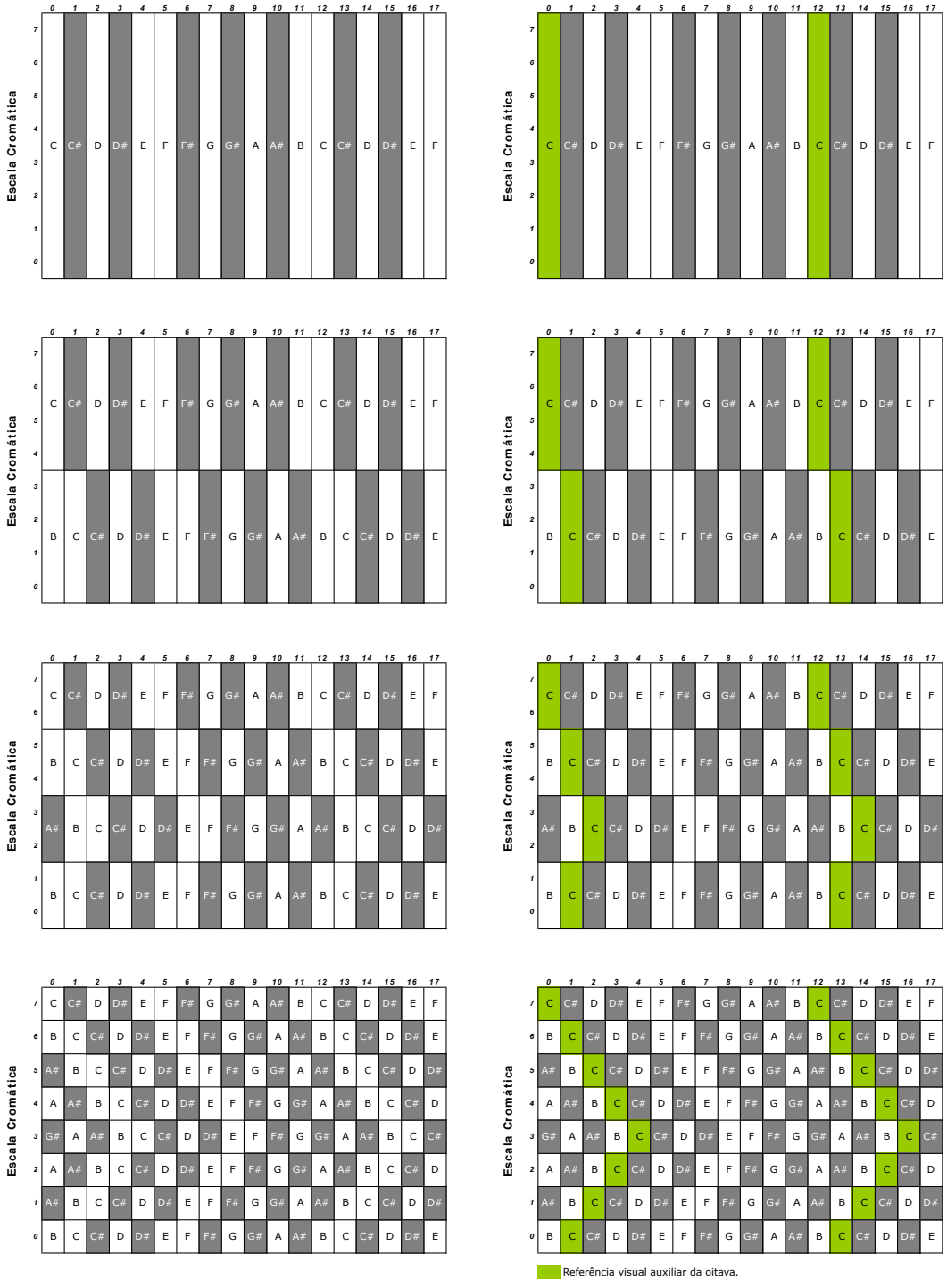
void loop() {
  Serial.println( cell.read() );
}
```

Apêndice D 8. Código de Arduino para célula de carga HX711.



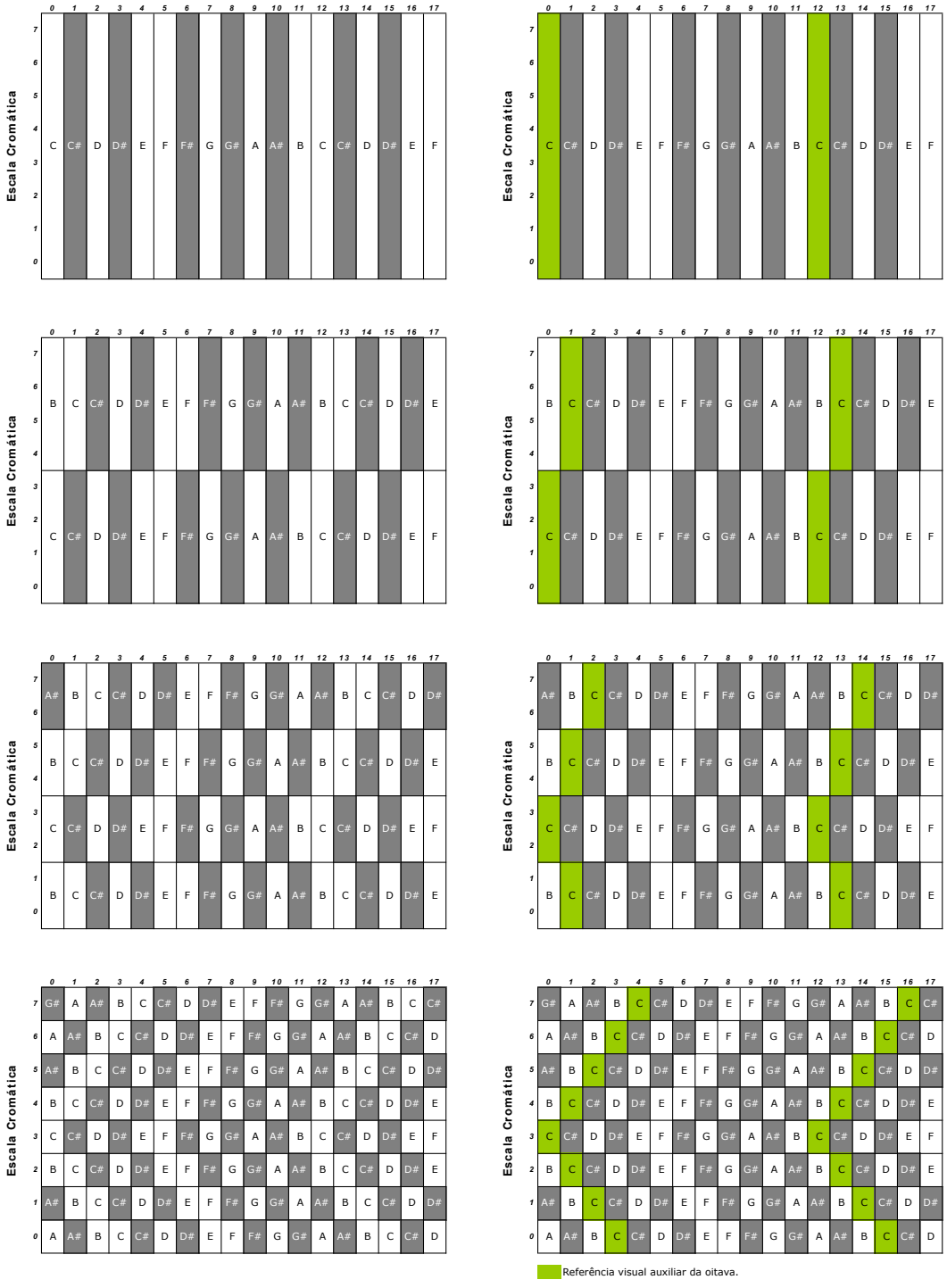
Apêndice D 9. Exemplo de fragmentação simétrica de teclado, com deslocação para a esquerda.

Variante da Figura 163.



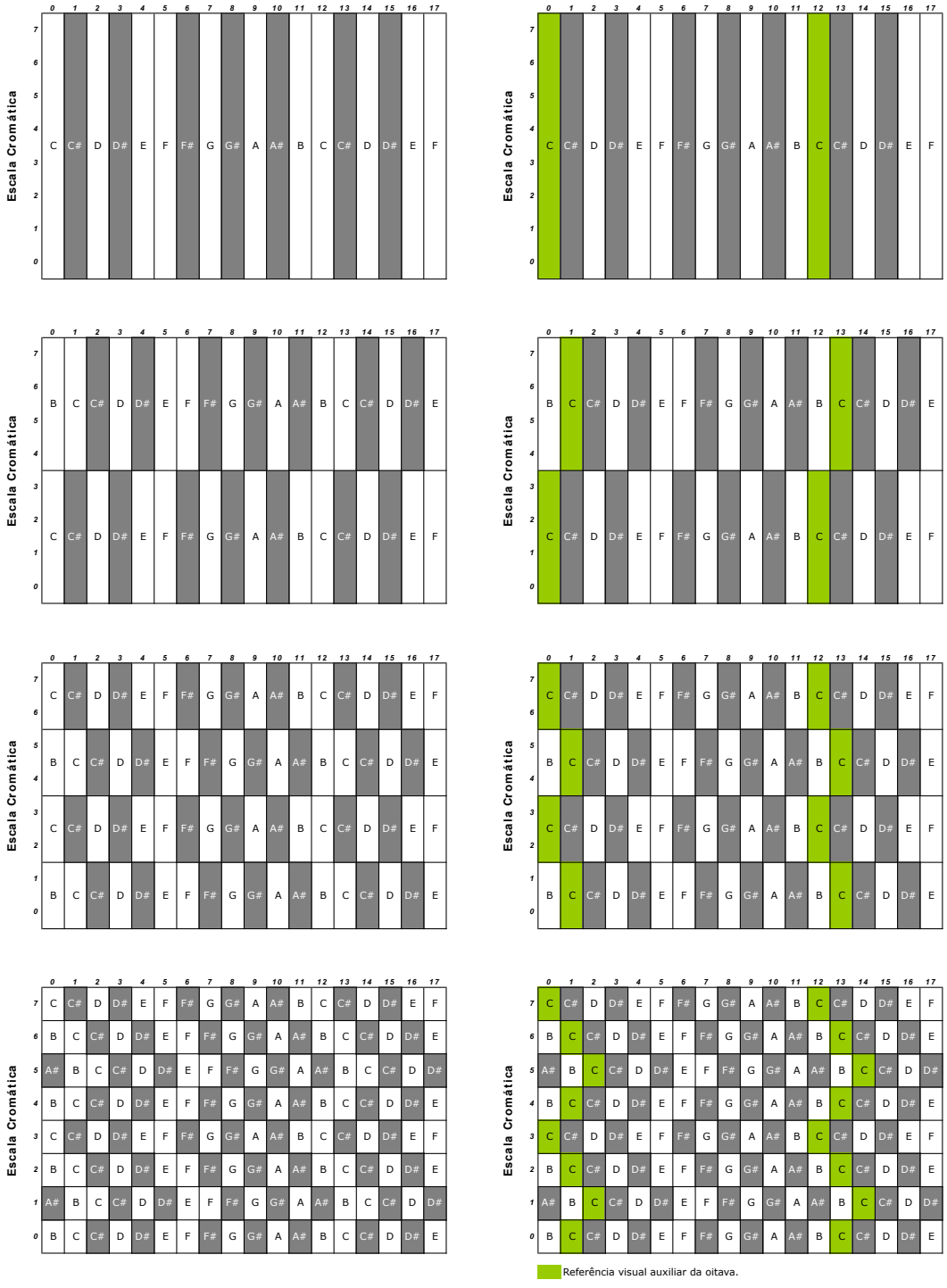
Apêndice D 10. Disposição em cunha à direita.

Complemento da alínea iii) da Figura 164.



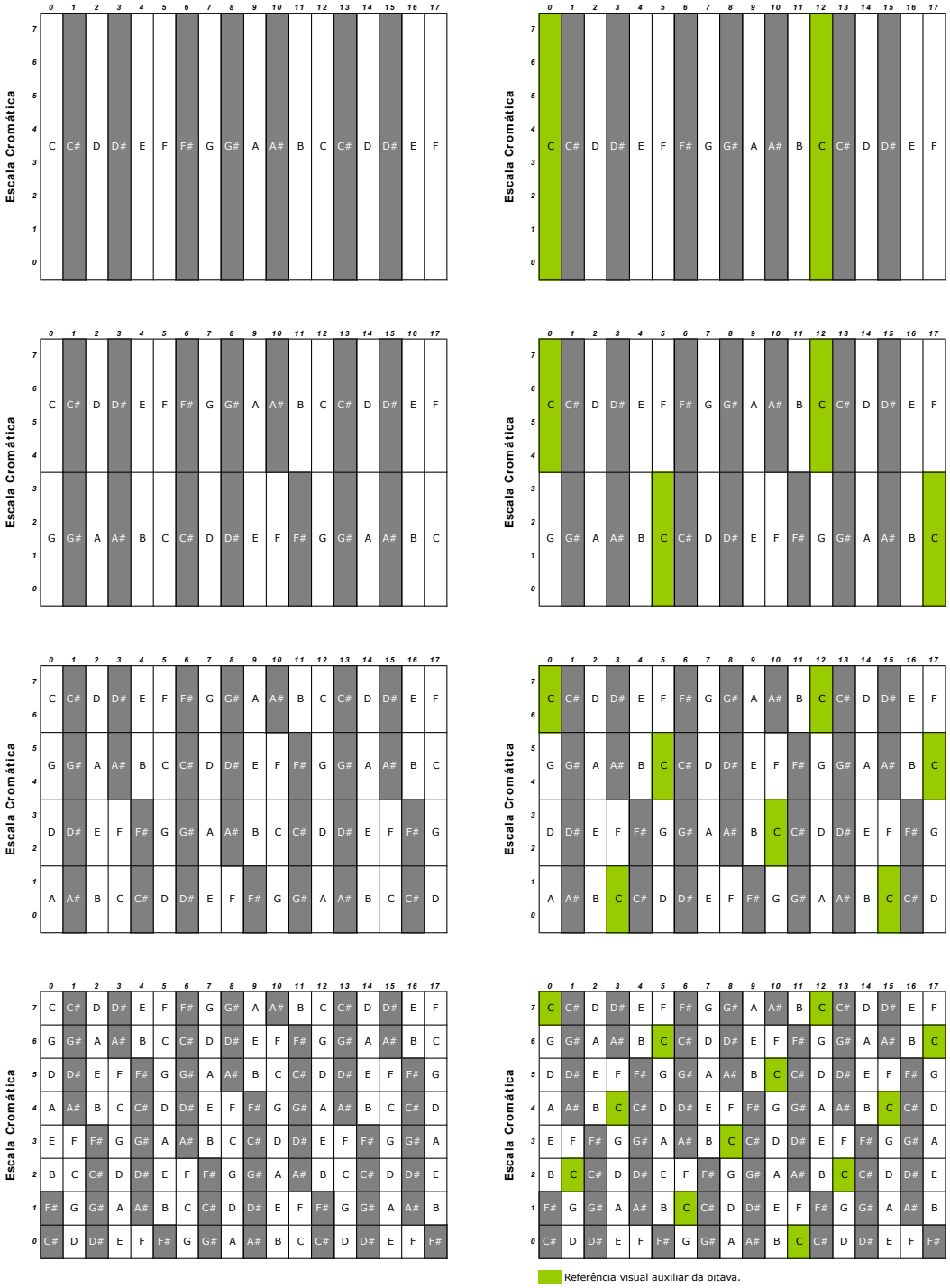
Apêndice D 11. Disposição em cunha à esquerda.

Complemento da alínea iv) da Figura 164.



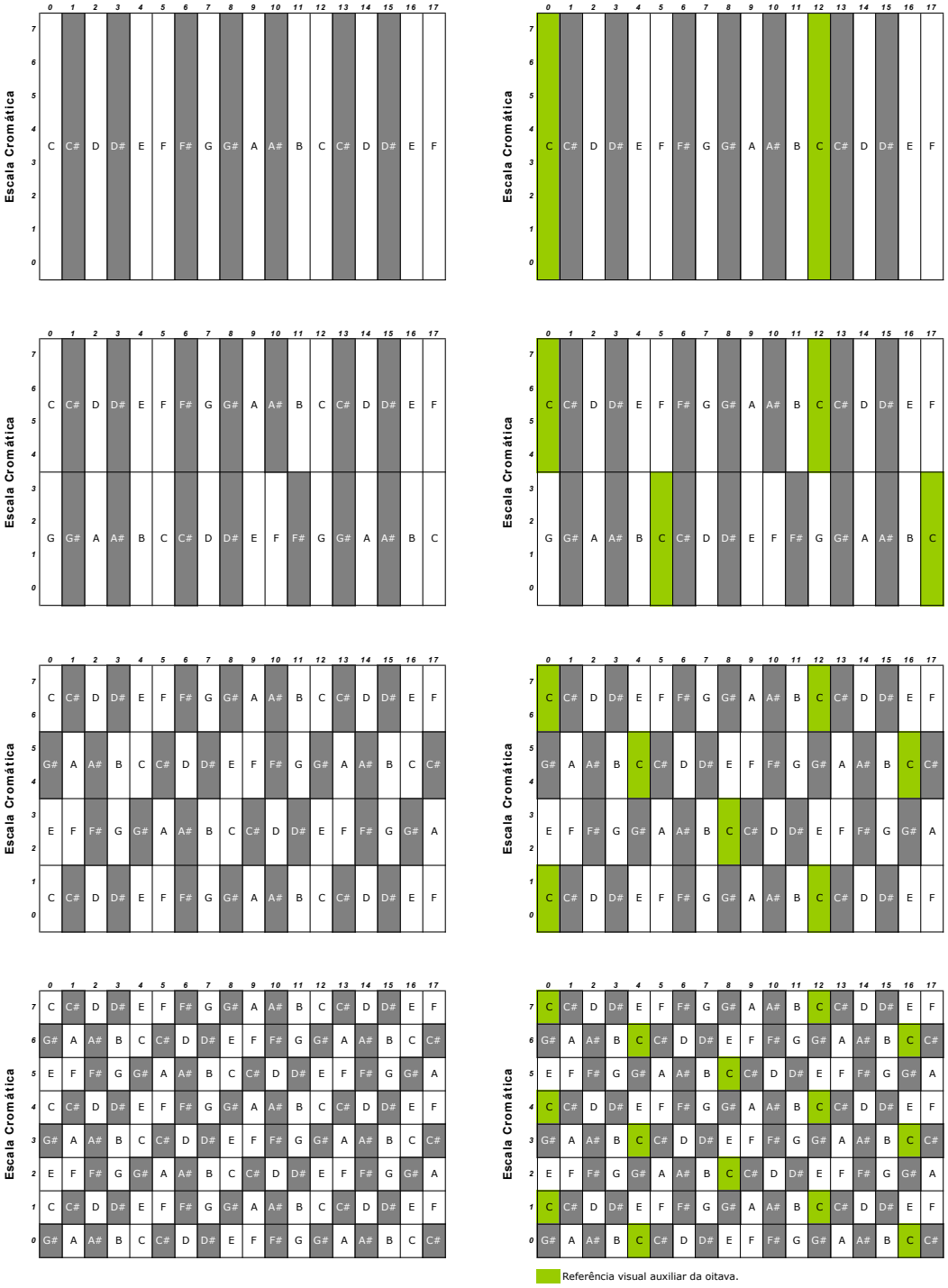
Apêndice D 12. Disposição em ziguezague.

Complemento da alínea v) da Figura 164.



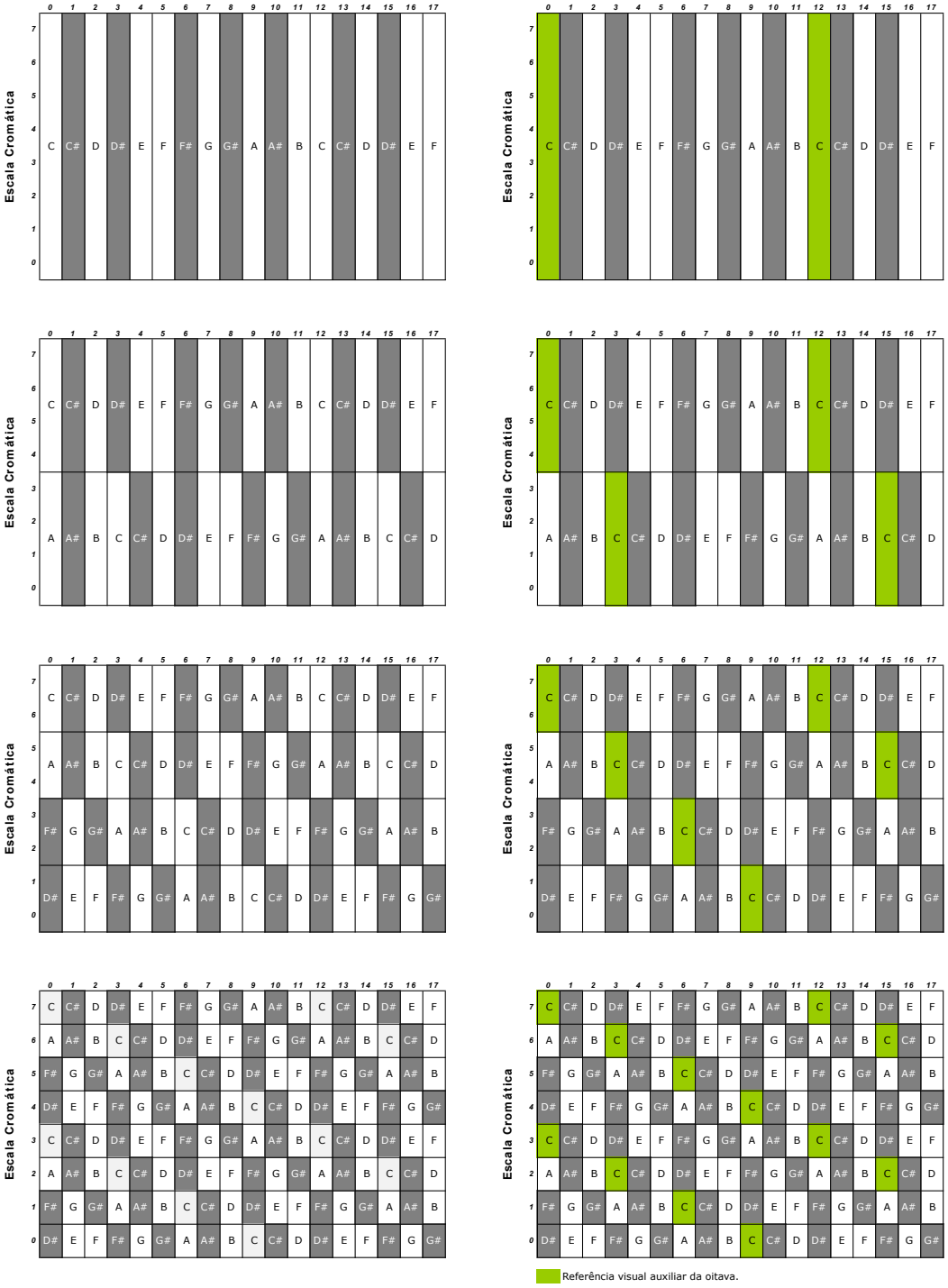
Apêndice D 13. Disposição em 4ªP (5ªP).

Complemento da alínea vi) da Figura 164.



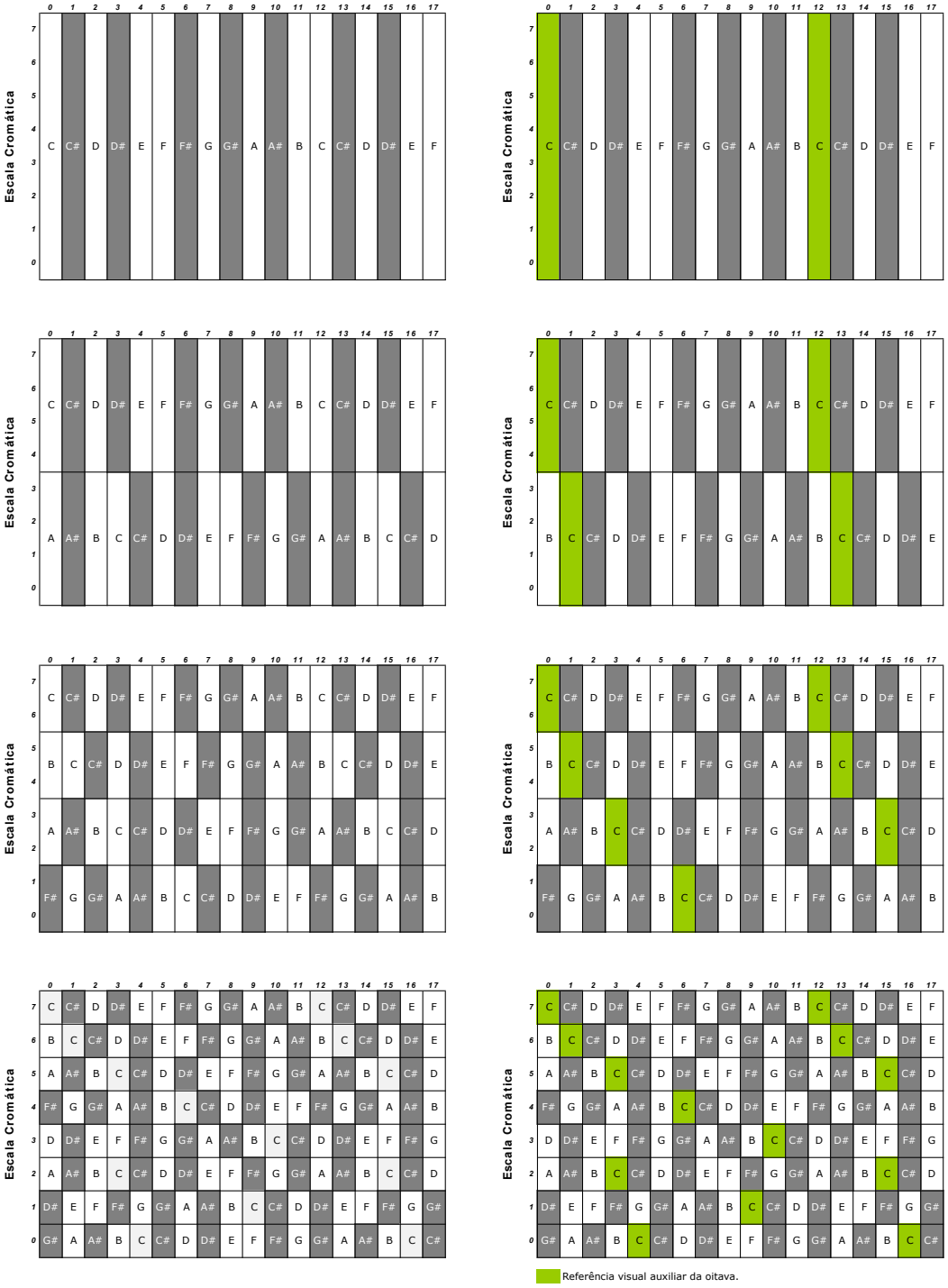
Apêndice D 14. Disposição em 3ª Maior (6ª menor).

Complemento da alínea vii) da Figura 164.



Apêndice D 15. Disposição em 3ª menor (6ª Maior).

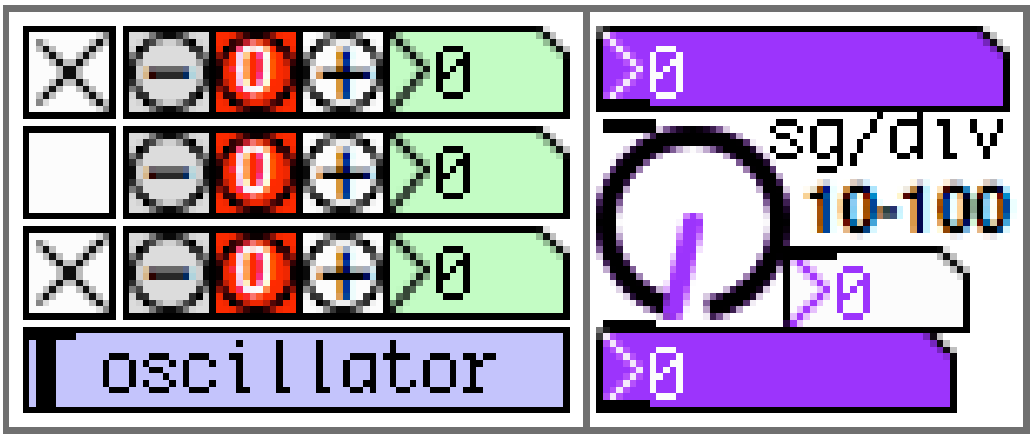
Variação do Apêndice D 14 e complemento da alínea vii) da Figura 164.

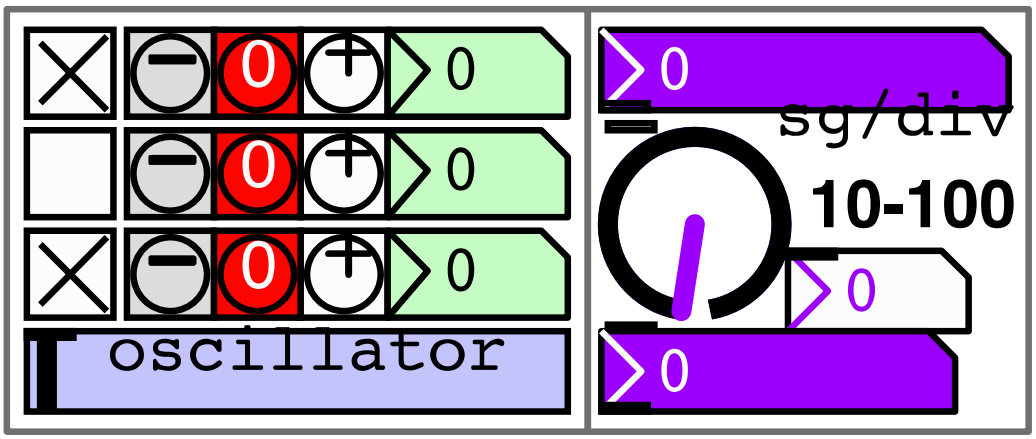


Apêndice D 16. Disposição em “arco crescente”.

Nota: complemento da alínea viii) da Figura 164.

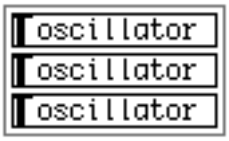


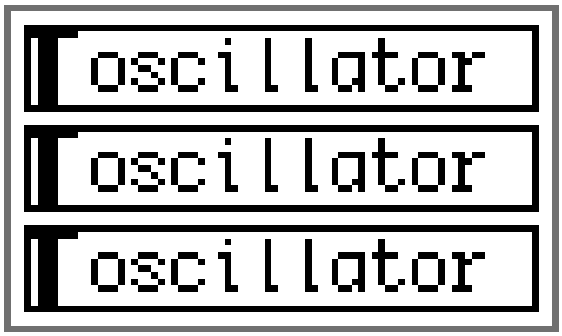


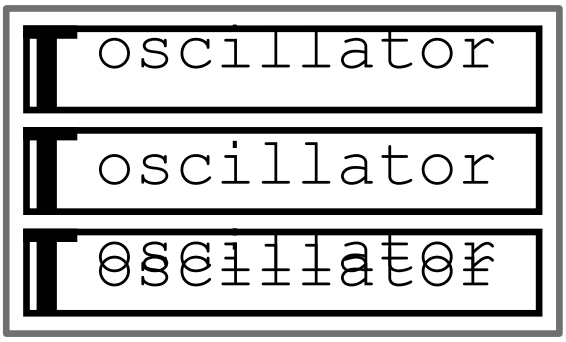


Apêndice D 17. Comparação da ampliação de 250% de imagens píxel e vectorial.

Na ampliação píxel (imagem do meio) mantêm-se o posicionamento absoluto dos elementos visualizados no ecrã mas perde-se a resolução (imagem píxel). Na ampliação vectorial (imagem de baixo) há um ligeiro reposicionamento de alguns elementos, mas a resolução é teoricamente infinita.



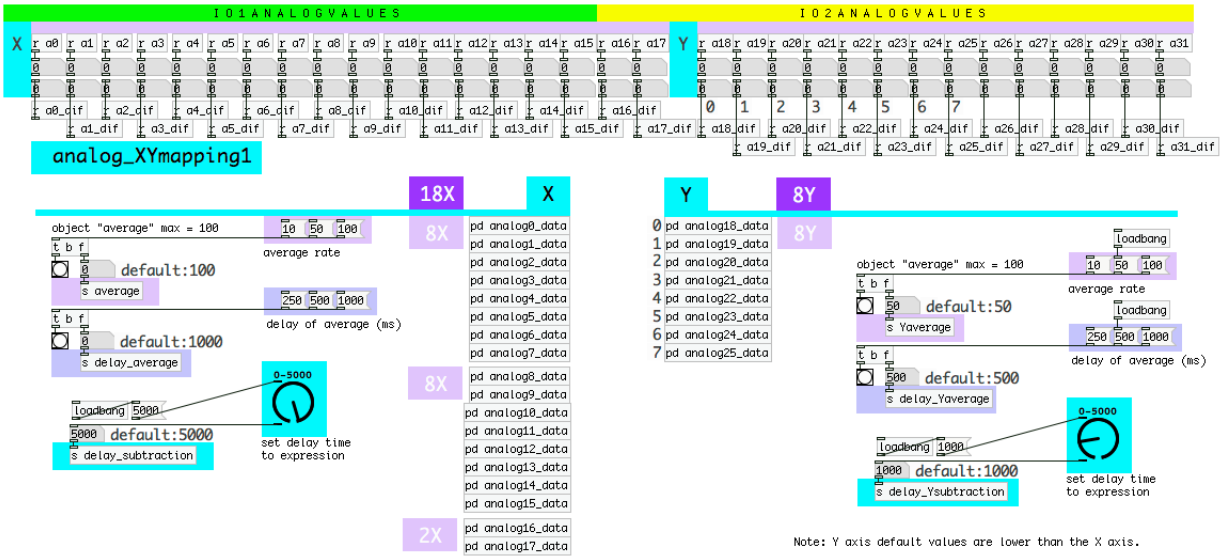


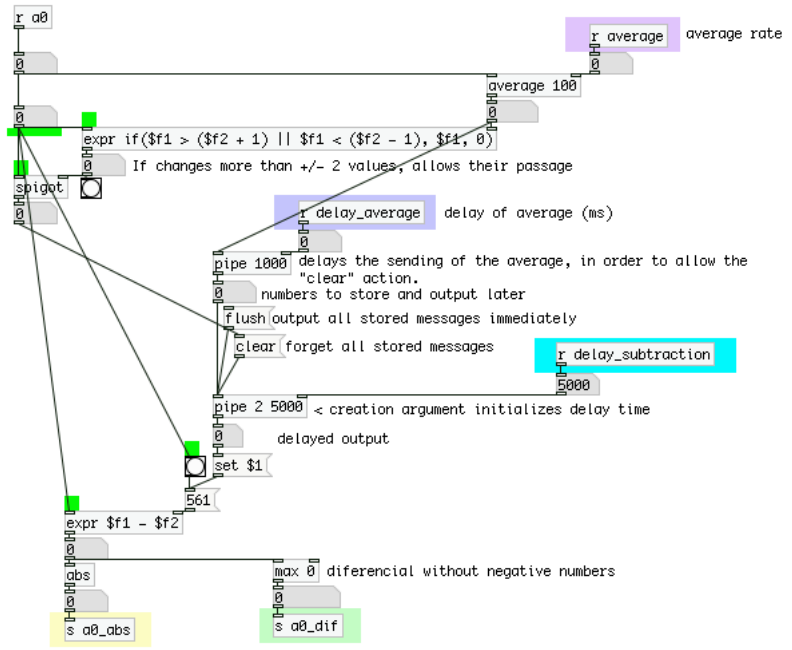


Apêndice D 18. Comparação da ampliação de 250% de imagens píxel e vectorial: exibição de caracteres alfanuméricos de um “comentário”, uma “legenda” e a sobreposição de ambos.

Imagem de cima: o *printscreen* da visualização em ecrã (imagem píxel); Imagem do meio: a ampliação da imagem de cima a 250% (imagem píxel); Imagem de baixo: exportação vectorial das imagem de cima. Analisando a imagem de baixo, o texto “oscillator” é apresentado de maneiras diferentes, de cima para baixo: 1) o texto é um comentário sobreposto ao objecto; 2) o texto é uma legenda do próprio objecto; 3) o objecto contém a sobreposição do comentário e da legenda anteriormente referidos.

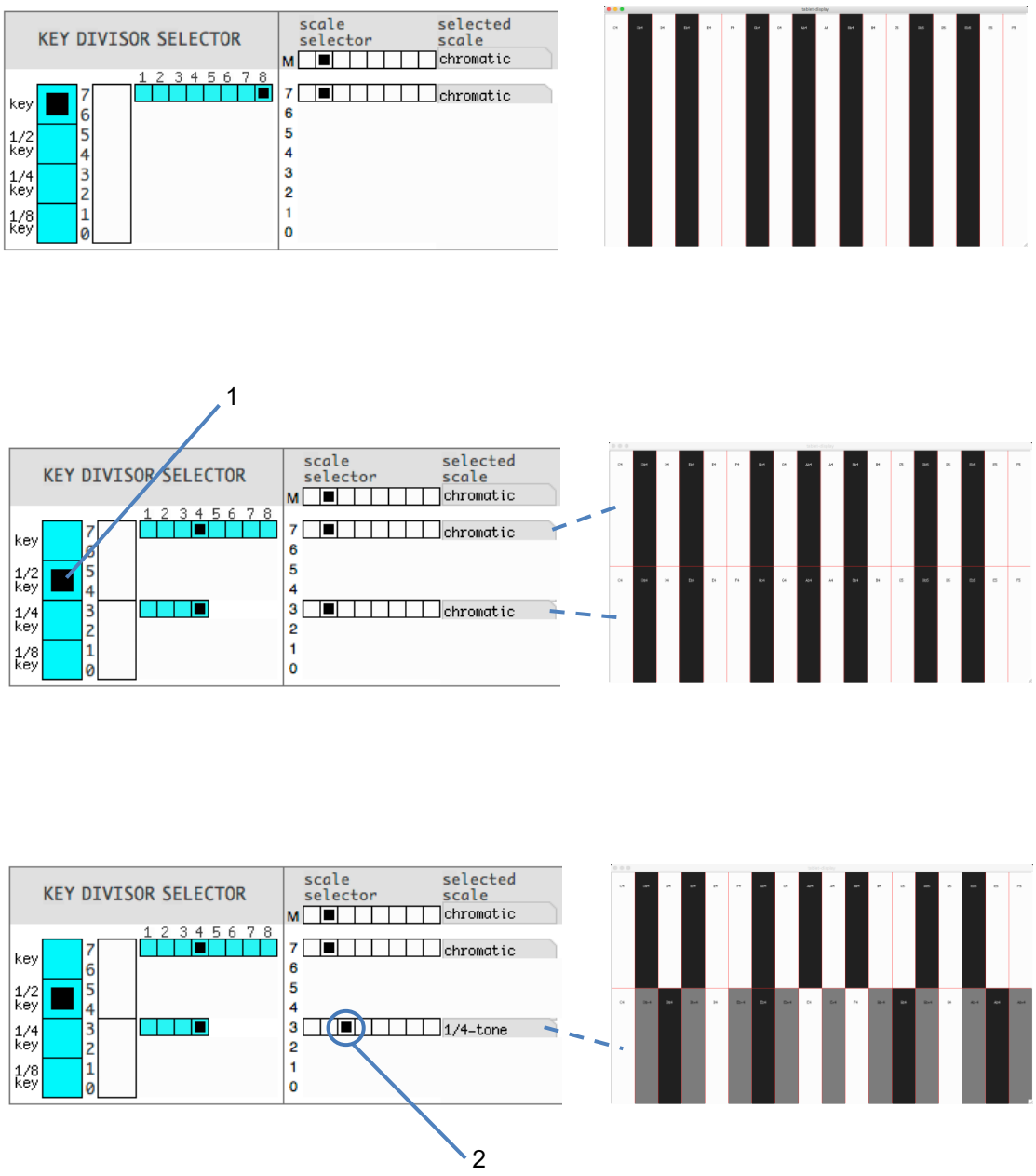
Nota: de referir que “comentário” e “legenda” são, em termos de linguagem *Pure Data*, coisas diferentes apesar de, em certas situações, poderem ser utilizados com a mesma finalidade e serem visualizados de forma idêntica.





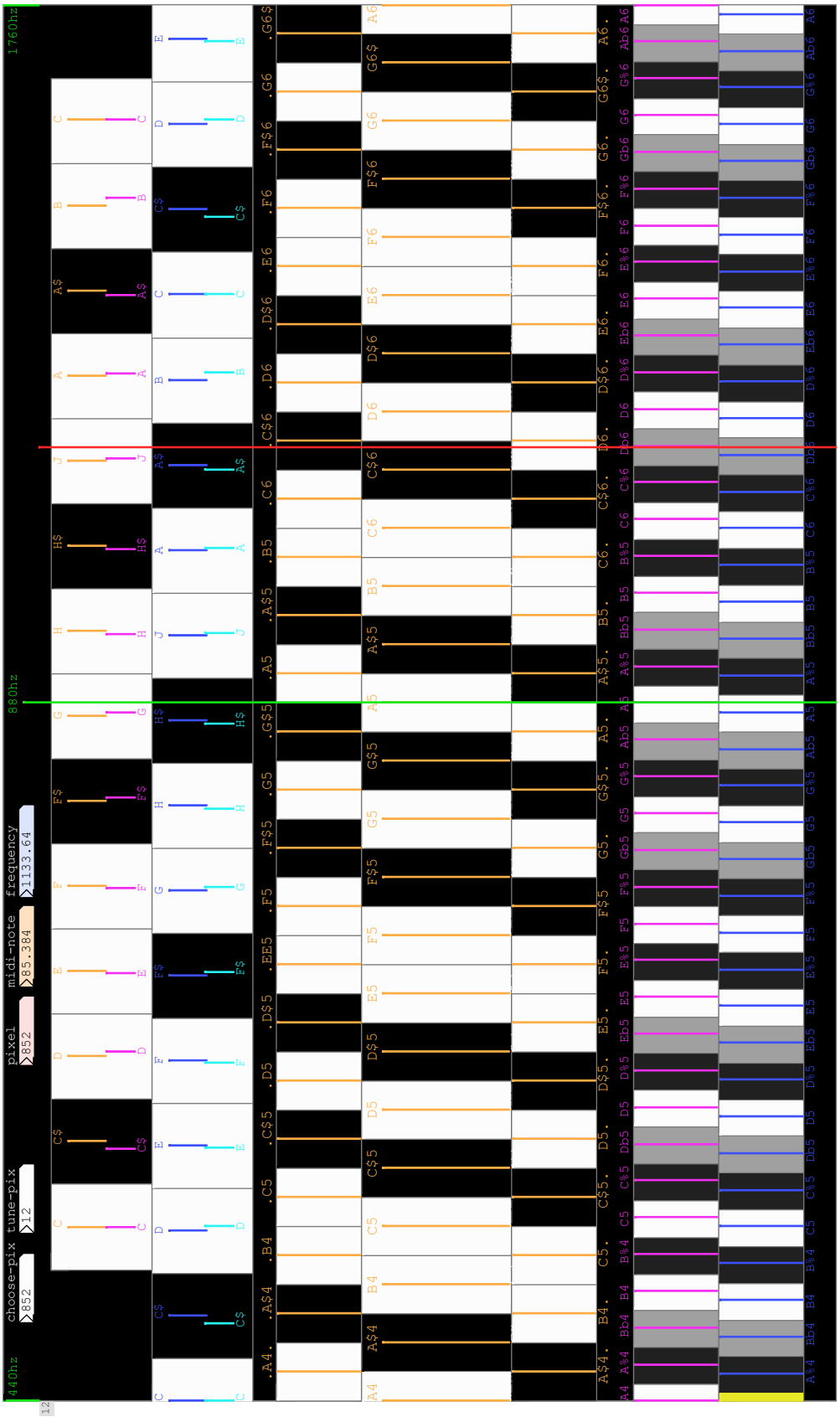
Apêndice D 19. Mecanismo de auto-calibração contínua.

A imagem inferior é o interior de cada um dos *subpatch* das 18 entradas X ([pd analog0_data] a [pd analog17_data]) e 8 entradas Y ([pd analog18_data] a [pd analog25_data]).



Apêndice D 20. Desmultiplicação da Figura 189.

Imagem de cima: estado inicial. Imagem do meio: (1) selecção de {1/2} tecla, dividindo o ecrã de aquisição gestual em duas partes, ambas com a mesma configuração visual. Imagem de baixo: (2) selecção da escala de 1/4 de tom na linha 3, alterando a configuração visual da parte inferior do ecrã de aquisição gestual.



Apêndice D 21. Imagem vectorial do *Continuum Screenboard* com informação máxima em cores negativas.

ANEXOS

Anexo 1. Receita da gelatina hectográfica. 575
Anexo 2. Tabelas ilustrativas da escala de dureza *Shore*. 576

TABULEIRO HECTOGRÁFICO

Receita de Helena Carvalhão

A fotocopiadora dos nossos avós

O processo hectográfico foi um dos primeiros métodos usados para reproduzir um original, sendo possível obter várias cópias de uma matriz utilizando alguns produtos e materiais de fácil aquisição. O procedimento para a realização desta experiência é simples e não requer cuidados especiais pois não apresenta qualquer perigo.

MATERIAIS

1 tabuleiro baixo

1/4*l* de água

220g de gelatina

1/2 litro de glicerina líquida

200g de açúcar

papel químico

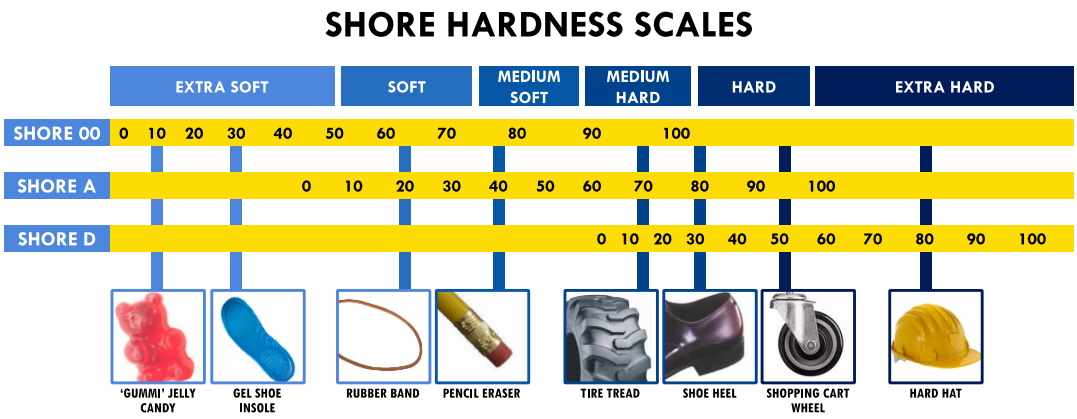
PREPARAÇÃO

Dissolver a gelatina em água aquecida em banho-maria. Juntar o açúcar e a glicerina mexendo até total dissolução.

Verter o preparado no tabuleiro e retirar, com a ajuda de uma espátula, alguma espuma que se possa formar na superfície.

Deixar arrefecer.

Anexo 1. Receita da gelatina hectográfica.





Anexo 2. Tabelas ilustrativas da escala de dureza *Shore*[817/818].

[817] https://www.smooth-on.com/page/durometer-shore-hardness-scale/

[818] https://www.artmolds.com/shore-hardness/