



CATÓLICA
ESCOLA DAS ARTES

PORTO

A COLEÇÃO CIENTÍFICA DO MUSEU DO ISEP.
ABORDAGEM À CONSERVAÇÃO E RESTAURO A
PARTIR DE DOIS CASOS DE ESTUDO: AS PILHAS
DE GRENET E LECLANCHÉ

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Conservação e Restauro de Bens Materiais

Guilhermina Maria Rios da Fonseca Salgado Cadeco

Porto, outubro de 2023

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché



CATÓLICA
ESCOLA DAS ARTES

PORTO

A COLEÇÃO CIENTÍFICA DO MUSEU DO ISEP.
ABORDAGEM À CONSERVAÇÃO E RESTAURO A
PARTIR DE DOIS CASOS DE ESTUDO: AS PILHAS
DE GRENET E LECLANCHÉ

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Conservação e Restauro de Bens Culturais

- Especialização em Património Móvel –

Guilhermina Maria Rios da Fonseca Salgado Cadeco

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Eduarda Vieira

E coorientação de

Professor Doutor Paulo Silva e do Doutor Bruno Campos

Porto, outubro de 2023

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Dedicatória

À Fátima Pontes

Agradecimentos

Foram muitas as pessoas que, de alguma forma, tiveram impacto na concretização deste trabalho. Aqui, espelho o meu profundo agradecimento.

À Professora Doutora Eduarda Vieira, minha orientadora, a quem estarei sempre grata por toda a partilha, disponibilidade e apoio que me prestou durante esta (longa) caminhada. Seguramente acreditou mais em mim e nas minhas capacidades que eu própria.

Ao Doutor Bruno Campos, coorientador, que foi a “peça-chave” na definição e desenvolvimento do trabalho prático. O tempo de partilha foi pouco, mas produtivo. Agradeço também as palavras de incentivo, que nunca foram parcas.

Ao Professor Doutor Paulo Silva, a quem agradeço a disponibilidade tanto de ideias e ensinamentos como de meios para que este trabalho tivesse este resultado.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto pelo apoio prestado ao disponibilizar os meios que necessitei para a produção desta intervenção.

À Doutora Patrícia Costa e à Professora Doutora Olga Paiva, por todo o apoio, incentivo e disponibilidade para que levasse a cabo a produção deste trabalho. Mas acima de tudo por me permitirem aceder a material e informação crucial.

Ao Departamento de Química, na pessoa da Engenheira Aurora Silva, que esteve sempre disponível para todo e qualquer apoio na produção das análises em FTIR e na sua interpretação.

Ao Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do ISEP na pessoa do Professor Doutor José Augusto Fernandes e à Engenheira Isilda Costa pelo apoio na utilização do XRF.

Ao Mestre Jaime Neto pela produção, captura e desenvolvimento do método de interpretação de resultados através da fotografia, assim como no tratamento das fotografias utilizadas.

Ao Professor Doutor António Silveira pelos empréstimos, partilhas e pelo cuidado.

Ao Mestre Luís Lima pelo apoio prestado na produção do modelo experimental.

Numa perspetiva diferente, quero agradecer às minhas colegas de mestrado, Aura Bragança, Cláudia Alquini e Fátima Pontes, a quem dedico este trabalho. Serão sempre parte de mim.

À Maria Gonçalves, que como ninguém, compreende como foi este percurso.

Aos meus amigos e companheiros, Jaime Neto, Aurora Silva, João Carvalho, Filipe Valente, Maria Rodrigues, Tozé Constantino, que sempre se mostraram interessados e disponíveis para qualquer ajuda que pudesse precisar. Sempre com uma palavra amiga.

E, por fim, à minha família, que não há palavras que consigam transmitir o quanto lhes devo e agradeço.

Resumo

Os atuais museus de ciência em Portugal, têm, na sua essência, uma origem semelhante. Os seus acervos constituem-se pelos bens materiais que foram adquiridos durante o processo de criação de institutos politécnicos, antigas escolas industriais e universidades, servindo como materiais de apoio ao ensino. Há, portanto, bastante informação histórica relativa à criação das escolas e respetivos laboratórios criados para o ensino, onde se integram estas coleções. Estes bens incluem material impresso (manuais, publicações e catálogos da época) e equipamentos e objetos científico-didáticos para lecionar a componente prática dos cursos em espaços específicos, denominados de estabelecimentos auxiliares de ensino, e são, sempre que possível, também eles, espólio dos museus.

Durante a segunda metade do século XIX houve um investimento considerável para a época de forma a equipar e manter atualizados os gabinetes e laboratórios que auxiliavam as aulas. O museu do ISEP é herdeiro de todos esses instrumentos que refletem o que é, ainda hoje a sua bandeira institucional “saber fazer”. À medida que os equipamentos iam ficando desatualizados, deixando de cumprir a função, eram armazenados e substituídos por novos. Os equipamentos foram guardados sujeitos a três mudanças de espaços físicos que o ISEP sofreu. Conjuntamente com os equipamentos foram guardados também os catálogos, manuais e publicações, tais como os materiais de avaliação dos alunos (exames, provas escritas, de desenho, maquetes, etc.) e toda a documentação associada à escola (correspondência, atas, contratos, matrículas, entre muitos outros), que pertencem hoje ao Arquivo Histórico.

A natureza destes acervos técnico-científicos implica um diagnóstico muito complexo que conjuga uma análise do estado de conservação da materialidade das peças, com toda a informação relacionada com a sua produção, uso e desafetação do serviço. Os equipamentos e instrumentos foram sendo guardados sem nenhum tipo de preparação ou inativação. E foi dessa forma que as peças chegaram até nós.

Tratam-se, em geral, de peças compostas de diferentes materiais que interagiram ou continuam a interagir entre si, originando patologias muito específicas, que não podem ser resolvidas com a simples transferência procedimental de outras áreas da conservação e restauro. Assim, torna-se necessário averiguar todo o percurso de vida das peças por forma a planificar as distintas abordagens de conservação e restauro e musealização, o que implica o envolvimento geracional da comunidade científica que lhe é inerente, e que se revela crucial na tomada de decisão no processo de seleção e de gestão das intervenções.

Por norma, as intervenções realizadas no Museu do ISEP, respeitam critérios de uso, mantendo sempre que possível a identidade de cada peça, ou conjunto, em detrimento de uma apresentação meramente estética.

A realização deste trabalho, visa contribuir para traçar diretrizes de intervenção e gestão deste tipo de espólios dada a escassez de informação disponível sobre o assunto em Portugal e na Europa de um modo geral.

Palavras-Chave: Coleções científicas, Museu do ISEP, Eletroquímica, Pilha de Grenet e Leclanché, Conservação.

Abstract

The Portuguese science museums have a similar origin. Their collections are based on the instruments and models bought to practical teaching by every Polytechnic school, Old Industrial institutes and universities to be used - in classes by the professors to teach and practice. Hopefully, there is much information about these instruments, the schools they are in and their laboratories. Along with the objects, most of these schools have a great deal of information as books and catalogues that became part of the collection.

During the second half of the XIX century, it was made a considerable economic investment considering the period, to keep the laboratories updated. The ISEP Museum has inherited these instruments and models -and the motto still is the knowledge and the know-how. To fulfill the need of keeping the laboratories updated originated a considerable amount of disposable equipment and objects, as they were substituted by new ones. Those instruments and models were stored in spaces to be forgotten. ISEP location has changed three times, and fortunately the equipment and models came along. With them, all the documentation about the school, as catalogues, books and the academic documents from the students were kept and became part of our collection of the historic archive.

The nature of these technical-scientific collections implies a very complex diagnosis that combines an analysis of the state of conservation of the materiality of the pieces, with all the information related to their production, use and disposal of service. The equipment and instruments were stored without any type of preparation or inactivation. And that's how the pieces came to us.

These are, in general, pieces made up of different materials that have interacted or continue to interact with each other, causing very specific pathologies, which cannot be resolved with a simple procedural transfer from other areas of conservation and restoration. Therefore, it becomes necessary to investigate the entire life path of the pieces to plan the different approaches to conservation, restoration and museumization, which implies the generational involvement of the scientific community that is inherent to it, and which proves to be crucial in taking decisions. decision in the selection and management process of interventions.

At the ISEP Museum we try to preserve the historical integrity, keeping any information that the object may have, stabilizing it and keeping it in an environment minimizing further deterioration. As a museum, we also care about their original appearance since they are musealized.

This dissertation intended to add a new methodology how to conserve considering the lack of information are about protocols to be applied to this collection.

Keywords: Scientific collections; ISEP Museum; Electrochemistry; Grenet cells; Leclanché cells; conservation

Índice

	Pág.
Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	8
1 Introdução	10
1.1 Objeto de investigação	11
1.2 Metodologia	11
1.3 Estrutura da dissertação	12
1.4 Estado da arte	13
2 Contextualização	19
2.1 Instituto Superior de Engenharia do Porto	19
2.2 Museu do ISEP	25
2.3 Coleção de Física	27
2.4 Eletricidade	29
3 Casos de Estudo	33
3.1 Pilhas	33
3.1.1 Pilha de Grenet	34
3.1.2 Pilha de Léclanché	36
3.2 Técnicas analíticas de diagnóstico	38
3.3 Resultados das análises dos materiais das pilhas	39
3.3.1 Pilhas de Grenet	39
3.3.1.1 Pontos de amostragem	39
3.3.1.2 Resultados analíticos	40
3.3.1.3 Discussão de resultados	41
3.3.1.4 Proposta de intervenção	42
3.3.2 Pilha de Leclanché	43
3.3.2.1 Pontos de amostragem	43
3.3.2.2 Resultados analíticos	43
3.3.2.2.1 Caracterização do produto de corrosão verde	44
3.3.2.2.2 Análise do estado de oxidação da grafite	47
3.3.2.3 Discussão de resultados	48
3.3.2.4 Proposta de intervenção	49
3.4 Refuncionalização de uma pilha de Leclanché	51
4 Considerações Finais	53
Fontes e Referências	55
ANEXO A: Matrículas	61
ANEXO B: Faturas do Museu Industrial e Comercial do Porto	64
ANEXO C: Comprovativo de pagamento e registo no inventário de 1940 das pilhas de Grenet	65
ANEXO D: Faturas e registo no inventário de 1938	66
ANEXO E: Pilha seca	68

Lista de Figuras

Figura	Descrição	Página
1	Edifício da Graça	20
2	Matrícula de António Carvalho da Silva Porto	22
3	Matrícula de Francisco Martins Meira	22
4	Matrícula de António Teixeira Lopes	23
5	Espectroscópio	26
6	Sereia acústica	26
7	Recetor-registador de Morse e chave telegráfica	28
8	Laboratório de Física da Faculdade de Ciências	29
9	Aparelho de Tesla	30
10	Garrafa de Leiden	30
11	Garrafa de Leiden	30
12	Alexandro Volta a apresentar a pilha a Napoleão Bonaparte	31
13	Pilha de Bunsen	32
14	Diagrama de uma pilha	32
15	Pilha de Grenet	34
16	Pilha de Leclanché	37
17	Identificação dos pontos de amostragem na pilha de Grenet	40
18	Registo fotográfico dos sais da pilha de Grenet	42
19	Identificação dos pontos de amostragem das várias pilhas de Leclanché	43
20	Espectro FTIR do produto de corrosão esverdeado	44
21 A	Espectro XPS geral PL_v1	45
21 B	Espectro de elevada resolução do C 1s	46
21 C	2n 2p	46
21 D	Espectro Auger 2nLMM do elemento Zn	47
21 E	Espectro de elevada resolução do Cu 2p	47
22	Espectro XPS geral da amostra PL_p1	48
23	Registo fotográfico antes e pós limpeza com pontos de comparação	50

Lista de Tabelas

<i>Tabela</i>	<i>Descrição</i>	<i>Pág.</i>
1	Número de alunos inscritos na Escola Industrial a 1 de novembro de 1855	23
2	Número de alunos inscritos na Escola Industrial a 29 de julho de 1865	23
3	Diferentes nomenclaturas do Instituto Superior de Engenharia do Porto	25
4	Resultados do XRF dos pontos de amostragem da pilha de Grenet	40
5	Resultados do XRF dos pontos de amostragem das pilhas de Leclanché	43
6	Representação dos valores comparativos antes e pós limpeza	51

A utilidade d'um estabelecimento d'esta natureza é sobejamente demonstrada pelo aperfeiçoamento que tem havido nas artes industriaes, n'esta localidade, nos ultimos anos, e pelo muito que tem contribuído para melhorar a educação das classes operarias, encaminhando-as, pelo amor do estudo, aos fins da verdadeira civilização.

José de Parada e Silva Leitão

1 INTRODUÇÃO

Para a obtenção deste novo grau académico foi preciso escolher uma temática e tendo em conta que sou a conservadora restauradora de um museu, fazia todo o sentido que o mesmo versasse sobre o trabalho desenvolvido diariamente, com a mais-valia de aproveitar outros recursos humanos e materiais, que, de outra forma, poderiam estar disponíveis, mas não acessíveis. Trabalhar num museu e ter a seu cargo toda uma coleção é deveras gratificante e, por vezes, muitas vezes, avassalador. Neste caso em concreto trata-se do Museu do ISEP, um museu criado para albergar uma coleção (quase) bicentenária, herdeira e demonstrativa de um momento muito concreto da cidade do Porto e do mundo à época. A coleção é diversificadíssima tanto em materiais como em áreas do conhecimento, todas bem distantes de todo o conhecimento que eu fui adquirindo ao longo da minha vida académica, pois sempre me dediquei a áreas do conhecimento ligadas às ciências sociais e humanas. No trabalho que desenvolvo diariamente tenho muita liberdade. Sou eu quem define as prioridades de intervenção, os materiais a usar, o tipo de trabalho a desenvolver e ainda consigo receber alguns alunos a quem dou alguma orientação. É um trabalho muito rico, diversificado e entusiasmante porque estou constantemente em aprendizagem. Não só procuro novas abordagens em relação às intervenções que faço, como necessito de aprender sobre a peça em questão. Este processo implica que esteja sempre a enriquecer os meus conhecimentos, que, como disse, não me são naturais. Nesta área, a presença de um verniz pode não estar relacionado com o “acabamento” ou “proteção”, mas pode ter a função de isolamento, relacionada com a passagem de corrente elétrica, por exemplo.

Embora a conservação e restauro seja uma área de conhecimento muito abrangente (não se limita às humanidades), tem-se vindo a focar muito mais ao estudo, conservação e intervenção da pintura ou da escultura, pelo que sentíamos que precisávamos de maior apoio. Também por este motivo, foi fundamental ter uma equipa multidisciplinar. Naturalmente, quando confrontados com a mesma realidade, diferentes cabeças conseguem resultados diferentes e quando em conjunto, os frutos obtidos serão, no mínimo, mais ricos e completos. Qualquer questão que fosse escolhida para ser abordada por esta dissertação, necessitava de áreas complementares, não só por uma questão de estruturação de trabalho e interpretação dos resultados, mas acima de tudo, para termos uma visão holística, que nos permitisse ser mais assertivos nos passos a dar até obtermos os objetivos a que nos tínhamos proposto.

Partindo deste ponto, foi determinante escolher a temática dentro da panóplia de temas que se podem estudar na conservação e/ou restauro de instrumentos científicos. Tal como já foi referido, a coleção deste museu é vastíssima e que está constantemente em crescimento pelo facto de se manter ligada à escola, que faz com que a mesma esteja sempre a integrar novos objetos que vão deixando de fazer sentido estarem nas salas de aula por estarem obsoletos e sem préstimo. Naturalmente que o museu faz uma seleção responsável em relação ao que vai sendo incorporado.

Tornou-se, também, muito importante a questão do registo de uma intervenção neste tipo de coleções dada a ainda escassa bibliografia disponível. Visou-se, portanto, dar a conhecer o trabalho efetuado.

1.1 Objeto de investigação

Como conservadora-restauradora do Museu do ISEP, a ideia de dedicar um novo ciclo de estudos sobre algo relacionado com o museu pareceu natural. Seria complementar ao trabalho diário com possibilidades de orientação, análises e discussão de propostas e resultados que de outra forma não seriam conseguidos com a mesma profundidade. A maior dificuldade foi perceber qual seria o objeto de estudo a selecionar, uma vez que o Museu do ISEP possui a seu cargo um número vastíssimo de peças. Estima-se que o Museu do ISEP possua no seu acervo cerca de 10000 peças. Coleção esta que está sempre a aumentar. A coleção inclui objetos, estampas, desenhos e fotografias. O tipo de objetos, o seu estado de conservação, os materiais constituintes são todos diversificados e distintos. As possibilidades de escolha para escolher um caso de estudo seriam imensas, mas a necessidade de intervenção levou a que nos focássemos nos objetos que se destacavam tanto pelo avançado estado de degradação que apresentavam, como pelo questionamento que levantavam em relação ao potencial impacto que poderiam ter, ou não, no ambiente de reserva.

Os casos de estudo escolhidos que se enquadram nos pressupostos anteriores são:

a) Pilha de Grenet (duas unidades). Foi inventada a 1850 por um operário francês. É composta por um frasco de vidro, cujo gargalo possui um disco isolante onde estão fixas duas lâminas de carvão. Entre as duas lâminas, existe uma placa constituída por uma amalgama de zinco. No interior tem uma solução com 5% (m/v) de dicromato de potássio e 10% (v/v) de ácido sulfúrico.

b) Pilha de Leclanché (cinco unidades). Foi inventada pelo francês Georges Leclanché em 1868. É composta por um frasco de vidro quadrado, com um gargalo largo de forma circular. No interior existe uma amálgama de zinco em forma de barra cilíndrica e um vaso poroso que encerra uma barra de carvão das retortas encimado por um ligador metálico.

Propõe-se desenvolver um diagnóstico completo para averiguar o atual estado de conservação das peças. Na eventualidade dos suportes materiais não estarem estabilizados, poder-se-á optar por remover alguns conteúdos para minimizar a degradação de outros (por exemplo remover o conteúdo do interior para promover a estabilização do vidro – recipiente exterior). A partir deste diagnóstico poder-se-á então, criar todo um planeamento de intervenção e acondicionamento, assim como desenvolver um plano de conservação preventiva que oriente no sentido de minimizar os riscos e o índice de degradação destas pilhas. O destino desta intervenção visa sobretudo a estabilização dos objetos e definir diretrizes quer para o seu armazenamento definitivo em reserva ou para exposição.

1.2 Metodologia

Para alcançar os objetivos traçados propôs-se a seguinte metodologia: numa tentativa de compreender mais profundamente o que são estes objetos, para que servissem e como surgiram, partiu-se para uma contextualização histórica e científica dos casos de estudo, através de pesquisa bibliográfica, utilizando catálogos de instrumentos científicos do século XIX, artigos científicos e manuais escolares. Por outro lado, teve-se em consideração as bases de dados dos vários museus de ciência portugueses que possuem pilhas da mesma época, o inventário de 1938, as atas dos conselhos escolares e as faturas para se compreender e identificar o momento e o porquê da aquisição destas peças.

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Numa segunda fase, tratou-se de fazer a caracterização dos materiais, que englobou duas ações diferentes:

- a) O primeiro, com base na bibliografia, porque nos manuais técnicos é feita a descrição das pilhas e seus constituintes e, portanto, demonstrou ser uma fonte muito útil para a pesquisa.
- b) O segundo, a caracterização química dos materiais através da fluorescência de raios X (XRF) e da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), de modo a determinar a presença dos elementos químicos constituintes das pilhas, como base de confirmação à informação obtida no ponto anterior. Para se observarem os elementos compostos pretendeu-se, ainda, utilizar outras técnicas analíticas, como por exemplo, a espectroscopia de fotoelétrons de raios X (XPS) para perceber o estado de oxidação dos elementos químicos e/ou a espectroscopia RAMAN (que não viemos a utilizar como definido inicialmente) para identificação química e estrutural dos compostos inorgânicos. Estas técnicas serviriam para aprofundar o conhecimento dos materiais utilizados na produção das pilhas, assim como averiguar o estado de degradação em que estes materiais se encontravam.

Como terceiro ponto de investigação considerou-se o diagnóstico, que está intrinsecamente associado à caracterização de materiais. O diagnóstico só poderia ser desenvolvido após a caracterização dos materiais e a determinação do estado de conservação dos diferentes constituintes para que se pudesse compreender a evolução da degradação dos materiais. Esta informação tornou-se fundamental acima de tudo, para se avaliar o estado atual de conservação das peças, se estava ou não estabilizada. Na aplicação destas técnicas, deu-se prioridade aos metais, em detrimento do vidro, pelo avançado estado de degradação que os mesmos apresentavam.

A intervenção foi o ponto seguinte a desenvolver-se. Tal como referido no ponto anterior, a intervenção está dependente dos resultados e da apreciação das tarefas anteriores. Poderia corresponder a uma ação curativa, com base em limpeza e estabilização de materiais, ou, por outro lado, remeter-se ao acondicionamento / encapsulamento dos objetos, tal como se encontravam, se se garantisse que não era prejudicial para nenhum dos elementos constituintes. Considerando, ainda, que a leitura da peça é importante, mas não era determinante na intervenção.

Mediante a recolha e discussão de toda a informação obtida nos pontos anteriores, considerou-se criar um plano de observação periódica para que fosse possível continuar a verificar o estado das peças e sua evolução, mas tendo sempre como objetivo último, minimizar os riscos associados, tornando mais moroso o impacto destes tanto no que diz respeito aos objetos como aos que partilham o mesmo espaço.

Por fim, e tendo em conta o número de pilhas deste modelo existentes no Museu, pensou-se em fazer a reconstrução funcional de uma pilha de Leclanché, reaproveitando os materiais com baixos níveis de degradação e repondo os novos conteúdos de forma que as pilhas funcionassem novamente. Servindo, assim, como modelo didático enquanto os materiais se encontrem em estado operacional.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em três grandes capítulos.

O primeiro, faz a introdução à dissertação. Foca a também a metodologia aplicada, o porquê da escolha dessa metodologia e o estado da arte, onde se procura fazer um apanhado do que está escrito sobre as temáticas que estão de algum modo ligadas ao tema que aqui se explora.

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché. Apresentam-se ainda algumas dificuldades sobre este ponto, devido à sua abrangência, dimensão e falta de um protocolo de intervenção para este tipo de bens culturais.

Num segundo capítulo, o enquadramento do tema é o objetivo. Pretende-se desenvolver todos os pontos de referência como o nascimento e evolução do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), fazendo um breve apanhado desde a sua criação à atualidade, considerando-o sempre como o ponto de partida do ensino industrial técnico em Portugal. Incide sobre a criação do Museu do ISEP, herdeiro de uma coleção extraordinária que promoveu e serviu de base ao ensino daquela época. Apresentam-se ainda algumas imagens demonstrativas de alguns dos objetos de que se fala, uma vez que são desconhecidos para a maioria das pessoas, pela sua especificidade e antiguidade, passando também pelas coleções cujos objetos de estudo são provenientes acrescentando-se a evolução das pilhas e condensadores até ao momento da invenção das pilhas de Grenet e Leclanché.

Na terceira parte, começa-se por apresentar os casos de estudo, o motivo pelo qual foram escolhidos e qual o objetivo por detrás desta escolha. Naturalmente, faz-se toda a descrição do estado de conservação que as peças apresentavam, tal como o local onde estão inseridas. Faz-se também a descrição dos métodos de análise escolhidos, o motivo pelo qual foram escolhidos estes métodos e não outros e quais as conclusões dos resultados das análises. A partir daí discutem-se as propostas para a intervenção e apresentam-se os resultados dessa mesma intervenção, debatendo-se ainda os resultados obtidos e se estes vão ou não de encontro ao pretendido.

Por fim, surgiu ainda a possibilidade de se refuncionalizar uma pilha, para ser usada como um modelo didático com base nos materiais existentes.

Em jeito de conclusão, faz-se uma reflexão sobre todo o processo decorrido.

1.4 Estado da Arte

Tendo em conta a novidade deste tipo de património elencar-se-ão as principais questões que se levantam bem como o que há publicado sobre as mesmas e as lacunas de informação. Fez-se um levantamento abrangente por se tratar de uma área ainda pouco desenvolvida em Portugal. Tratando-se de um património emergente e como tal, congrega várias problemáticas aqui levantadas.

É interessante pensar-se que o conceito de património não deixa de crescer e, ao mesmo tempo, não há palavras suficientes para o definir devido à sua vastidão. Há várias definições, como por exemplo na Lei de Bases do Património Cultural (2001), que clarifica que “(...) integram o património cultural todos os bens que, sendo testemunhos com valor de civilização ou de cultura portadores de interesse cultural relevante, devem ser objeto de especial proteção e valorização.” Mas, apesar de tudo, acaba por se tornar algo vago graças à plenitude que representa e é um conceito que se tem vindo a alargar e o século XIX “ajudou” um pouco mais na abrangência deste termo. O século XX veio confirmar e tornar realidade duas áreas bem distintas: o património científico e o património etnográfico. Estes dois tipos de património têm muitas mais características que os aproximam do as que os separam. Dizem respeito a instrumentos que foram criados com uma função muito concreta, que enquanto a desempenharam, eram invisíveis aos olhos do património e que, na impossibilidade de cumprir a sua função, entraram num processo de desvalorização total. Os equipamentos, quando deixam de ter utilidade, ou por se terem estragado, ou porque foram substituídos por outros mais recentes, são esquecidos. Este esquecimento levou ao abandono, a perdas ou à substituição de algumas peças (a este processo

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché denomina-se de canibalização, em que se sacrifica um equipamento para que, em junção com peças retiradas deste objeto, possa dar origem a uma nova vida ao que as recebe). Apesar disso, estes equipamentos foram sendo poupados, talvez por terem estado remetidos ao esquecimento e ao abandono dentro de caixas ou armários fechados como elementos decorativos (Almeida, Mendes e Fernández, 2020), mas ainda assim, é, hoje, incalculável a quantidade de perdas reais. Parte do que foi poupado, foi vítima de alterações que permitiram que, de um modo ou de outro, cumprissem a função para que foram propostos ou, até mesmo, uma nova. E foram longos os anos que passaram para que estes dois tipos de património fossem considerados como tal (Herrero Morán, 2013).

Estes tipos de coleções fazem parte do quotidiano nas escolas secundárias, universidades, hospitais, farmácias entre outros, sendo que o abandono referido é real nos dias de hoje (Lourenço & Wilson, 2013). Há ainda muitos objetos que são desconhecidos, que se encontram em armazéns ou garagens à espera do dia em que alguém os (re)encontre e os veja como algo mais do que lixo. Enquanto não se reconhecer este património como tal, está-se perante uma situação de perigo iminente. E este risco aumenta principalmente quando se tratam de objetos de grandes dimensões, como por exemplo maquinaria pesada, pois a mesma não tem um carácter místico ou belo como, por exemplo, pode ter um galvanómetro ou um fotómetro. Segundo Hazel Newey (2000), objetos com uma certa beleza são mais atrativos, logo, mais passíveis de serem guardados, conservados e até possuir um certo carácter “de fruição”, muito apreciados na escolha de elementos para integrar uma coleção museológica. O mesmo autor, refere também que a maquinaria pesada foi sempre mais suscetível às intervenções agressivas, com maior impacto e profundidade, típicos de uma maior descaracterização também. E, obviamente, este tipo de alterações raramente são acompanhadas de um registo conveniente ou completo porque são intervenções que se consideram simplesmente necessárias, também segundo o mesmo autor.

Há um ponto crucial que é fundamental analisar quando se toca neste assunto, que se prende com a questão dos valores. Antes de mais, se é complexo definir um conceito como património científico ou industrial, uma escala de valores é ainda mais complexa. Isto porque a abrangência é igualmente vasta, mas também porque varia muito segundo a perspetiva de quem analisa. Assim, em relação aos objetos, uma peça possui um valor histórico (quando considerando a sua função ou raridade, por exemplo), um valor económico (muitas vezes é necessário atribuir uma estimativa de montante que representa), um valor sentimental (para quem foi o seu dono por exemplo), entre outros. E esta questão é indispensável porque vai influenciar diretamente na seleção das peças quando se pensa em escolher objetos para integrar uma determinada coleção, ou até mesmo, quando se identificam vários objetos e se pretende fazer algo deles, mas que, por causa da quantidade, é obrigatório fazer-se uma escolha. Claro que a triagem inclui outros fatores como o estado de conservação por exemplo, mas o primeiro critério é sempre o seu valor. E como referido anteriormente, o valor atribuído vai depender, acima de tudo, de quem o atribui. Este é claramente um ponto sensível dentre os responsáveis de coleções que é visível pela quantidade de publicações que refletem sobre esta questão (Lourenço, Ribeiro, Gual Via, entre outros). Este assunto talvez não fosse tão discutido se não tivesse um carácter tão subjetivo, ou seja, depende muito da pessoa que faz a seleção e quais são os seus critérios. Basta serem duas pessoas, uma, cuja formação base é engenharia e outra, cuja base de formação é museologia para que os critérios de seleção sejam diferentes. O mesmo acontece no que toca à intervenção. A definição de parâmetros e critérios a aplicar devia ser um importante foco de atenção para as entidades responsáveis. Emanuela Ribeiro (2013), destaca ainda um aspeto de suma importância no que toca à questão de atribuição de valor sobre quem o faz, porque não só é responsável pelo que acontece às peças escolhidas como, mais

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché ainda, é igualmente responsável pelas que não são selecionadas e que, normalmente, têm apenas um fim, o abate. Ainda sobre o agente que toma estas decisões, Nicholas Jardine (2013) salienta que “(...) scientists often present themselves as committed to the future, not the past (...)” (p.737) assumindo os cientistas como seres focados no futuro, assim como os historiadores preocupados com a cultura material, os quais, contudo, desde a segunda grande guerra, têm vindo a sofrer uma evolução significativa tendo deixado de se preocupar em narrar os feitos de determinadas pessoas focando-se em informação adicional não se limitando ao cientista, mas ao que inventou, como o fez, como foi transmitido, qual o impacto real da inovação criada na globalização, resumindo, como se partissem do particular para o geral. Sendo estes os motores desta seleção, é fácil compreender que os critérios são, necessariamente, distintos, logo, os resultados serão diferentes. Este ponto, levanta automaticamente outra questão, muito específica do património científico / industrial. Esta prende-se com o facto de, por longos anos, este tipo de património ter estado ao cuidado de pessoas das áreas das engenharias (Newey, 2000), que faz todo o sentido, uma vez que são peças que estão relacionadas diretamente com essas áreas, portanto, são os engenheiros que têm maior acesso a este tipo de material, mas por outro lado, têm uma perspetiva de espólio, de estudo, de intervenção e até mesmo de conservação, totalmente diferente dos historiadores, museólogos ou conservadores-restauradores. Tal como acontece para a seleção de peças, também para as intervenções há distintos critérios mediante a pessoa responsável que os define. São perspetivas distintas, mas nenhuma está correta ou errada. Normalmente, as intervenções levadas a cabo com uma perspetiva “mais de engenheiro”, costumam ser de carácter mais “interventivo” (por exemplo, remoção ou substituição total da camada de tinta), com o objetivo de restituir a função, de acordo com os moldes do passado (recorrem muitas vezes à substituição de peças estragadas e à canibalização). Já por parte dos conservadores restauradores, as intervenções costumam ser de cariz menos invasivo, assumindo partes em falta ou o não funcionamento da peça, mantendo o máximo possível tal como “chegou até nós” tendo como objetivo final permitir a leitura da peça (Lemos e Tissot, 2019). Esta prática exige muitas vezes um apoio extra (por exemplo uma explicação ou vídeo demonstrativo). Esta temática apresenta novamente uma dificuldade suplementar pois, pelos motivos que já foram descritos anteriormente, há diferentes pessoas com distintas profissões como responsáveis deste tipo de património e, ao contrário do que se passa com as artes clássicas como a pintura e a escultura, não há uma uniformização nem nos critérios a seguir nem há um protocolo (mesmo que não assumido), sobre como intervir. Esta situação é deveras importante e preocupante e dificulta bastante o trabalho diário desenvolvido pelos conservadores restauradores, que acresce ao facto de os cursos de conservação não terem uma disciplina ou conjunto de disciplinas de história da ciência (que na verdade, também não há nos cursos de ciências), nem sobre como proceder na prática. É uma área muito pouco estudada (Teixeira, 2018), que exige um interesse pessoal para quem não trabalha na área e que para quem trabalha implica uma dedicação diferente pois não só é preciso criar uma fórmula de intervenção (se é que isso existe), mas também é preciso investigar sobre a peça em si. Ou seja, é óbvio que intervir numa tela tem a sua dificuldade, mas intervir num telégrafo, exige não só dominar os diferentes materiais que o compõem como compreender a forma como todas as partes se encaixam e funcionam (Lemos & Tissot, 2019). Claro que todo este processo se complica quando se aborda um instrumento que tenha sido abandonado tal como foi utilizado na última aula que integrou, mantendo o solvente que o compõe no interior ou até substâncias radioativas (Daval, 2002). Esta é também uma outra questão debatida exclusivamente nesta área da ciência, porque os instrumentos, quando abandonados pelos mais variados motivos, são normalmente descartados tal como se encontravam aquando da última utilização pelo que podem conter

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché elementos químicos, por vezes nocivos para o utilizador, o que vai de encontro ao que foi dito anteriormente. É necessário um estudo prévio sobre a peça, mas que pode implicar riscos para o conservador restaurador, que pode não reconhecer de imediato o perigo que está à sua frente. Por outro lado, naturalmente, pode ter impacto também na própria peça se for mantido com este tipo de elementos constituintes nocivos, ou até mesmo, pode interferir nas peças que coabitam o mesmo espaço promovendo reações químicas possíveis de evitar à partida (Cadeco, 2021).

O ideal seria, na verdade, que todos os intervenientes neste processo, colaborassem conjuntamente para que os frutos dessa interação fossem mais profícuos. Não há dúvida que desde que os historiados e museólogos assumiram os museus de ciência, que a quantidade de publicações aumentou, assim como a forma como se trabalha se uniformizou e até, conseguiram aproximar as famílias da ciência (Jardine, 2013). Mas não é possível negar a falta de conhecimento da parte das ciências, que é fundamental para se conhecer as peças que integram as coleções. Há vários exemplos onde esta questão é uma prática corrente e cujos resultados estão à vista. Exemplos como as universidades de Leeds ou de Glasgow, que criaram equipas pluridisciplinares que incluem não só funcionários como docentes, alunos e voluntários que têm criado um programa alternativo, não só a nível da produção de conhecimento, teórico e prático, mas também têm reforçado os motivos pelos quais os alunos escolhem aquelas e não outras instituições para prosseguirem os seus estudos (Jones, 2013). E, sem dúvida, que esta questão remete para o interesse de algumas pessoas em juntarem história e ciência e sugere um prelúdio abonatório para os museus de ciência. Não só aproximam a coleção da população como esta assume um cariz mais completo porque não se remete a saber apenas como as peças funcionam, por exemplo, mas também ficam a saber qual a história até ao momento da criação daquela peça e ainda, muitas vezes, essa investigação é partilhada, e o conhecimento, quando partilhado na primeira pessoa, move, comove e preenche.

Não esquecer que estas coleções, estando associadas muitas vezes a escolas de diferentes graus de ensino apresentam duas características diferenciadoras mais que outras coleções: as coleções estão sempre a crescer, por uma questão de atualização e modernização; e outra, que está relacionada com os professores, que nem sempre ficam colocados numa escola tempo suficiente para conseguirem algo das coleções e muitas vezes são eles os únicos, não havendo mais ninguém a cargo destes materiais (Almeida, Mendes e Fernández, 2020). A questão do aumento de elementos a integrar a coleção tem ainda um outro aspeto a considerar que se prende com o espaço onde está alocada a coleção. Estes espaços costumam ser limitados (problema comum de qualquer museu) e que tem necessidades crescentes, uma vez que a coleção está sempre a aumentar.

Por outro lado, estes espaços podem ter uma outra leitura, tal como sugerem Gabriel Ribeiro e José Silva (2017), que se baseia na função original destes instrumentos que é o ensino experimental. Para estes autores, a história da ciência é fundamental no ensino e deveria ser implementada desde o ensino secundário, considerando acima de tudo a aplicação prática, reproduzindo algumas experiências. Para eles, a ciência devia ser vista como uma construção cultural, que não só aproximaria os alunos da ciência como os faria compreender o processo pelo qual se chegou à atualidade, facilitando a sua aprendizagem, desenvolvendo, paralelamente, o seu espírito crítico. E, conseqüentemente, se os espaços adjudicados aos museus tivessem um papel ativo no ensino das ciências e da história da ciência, deixariam de ser vistos como uma perda e passariam a ser tidos como uma mais-valia.

Por fim, e não menos importante, dever-se-ia considerar a opinião de Hazel Newey (2013), quando ela afirma que tudo devia ser analisado com os óculos do arqueólogo, que só concebe avaliar as peças tendo em conta o seu contexto. E numa coleção de ciência, nada poderia fazer

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché mais sentido. Os objetos foram adquiridos com um propósito, integram um motivo válido para a sua existência em comum, tiveram uma vida semelhante, por exemplo, auxiliaram as aulas para produzir conhecimento e como tal apresentam características próprias e específicas da sua manipulação (às vezes apresentam até notas escritas para facilitar a aprendizagem). Naturalmente, levantando estas questões, a tónica sobre o conservador-restaurador muda também. Ele tem de assumir um papel mais abrangente em que não só fica encarregue de permitir que as peças perdurem mais tempo, mas também perpetuar os ensinamentos que estão associadas às mesmas, mantendo a sua integridade (tal como se apresenta na atualidade), para que, com a evolução dos tempos, mais informação possa ser inferida pelo seu estudo com a menor intervenção possível da sua parte, tal como, mais uma vez, acontece na arqueologia. A ciência está em constante evolução e o que se pode obter e depreender hoje, será diferente do que o que se poderá inferir no futuro e assim sendo, os conservadores restauradores têm obrigação de interferir o menos possível, sendo certo que a sua função é permitir que as peças se prolonguem no tempo.

Como foi possível depreender, o panorama português em nada difere do global, mas há, no entanto, algumas iniciativas extremamente frutíferas, encabeçadas pela Doutora Marta Lourenço como por exemplo a criação do Thesaurus de acervos científicos em língua portuguesa¹, que contou com a colaboração de muitos intervenientes e não só portugueses, mas cujo objetivo foi alargado aos países de língua oficial portuguesa, numa tentativa de combater o desconhecimento e, por outro lado, uniformizar não só a nomenclatura própria desta área, mas também dar a conhecer o que há. Há muito ainda por fazer nos museus de ciência portugueses e há uma grande falta de pessoas especializadas nestas áreas, o que é natural, porque como já foi referenciado, os currícula das universidades continuam a privilegiar as áreas clássicas em detrimento de “áreas em florescimento” ou mais incompreendidas.

Há também uma outra questão digna de comentário uma vez que dentro das publicações sobre conservação e restauro, há sempre pouca difusão do trabalho que é levado a cabo. É compreensível, uma vez que são poucos os que se dedicam a estas áreas e não estão, normalmente, ligados a centros de investigação, se bem que, o trabalho em si, implica muitas vezes um trabalho sério de investigação e recurso a outras áreas de estudo. Ainda assim, não fosse o bastante, a carência nos artigos publicados tem vindo a mudar. É totalmente expectável que as publicações reflitam as preocupações e a evolução dos intervenientes, mas hoje estão muito mais em voga temas como as avaliações de risco ou a sustentabilidade. A produção de conhecimento é algo orgânico e mutável, pelo que acompanha as vivências de todos, mas há muito por discutir, e a publicação de intervenções parece ser um bom meio de abertura para se conseguir criar uma metodologia de intervenção para estes casos que têm de ser visto debaixo de uma luz distinta. Não é viável intervir num automóvel de cotonete ou bisturi com a mesma viabilidade que se intervenciona uma moeda por exemplo.

Indo ainda mais longe, durante a pesquisa sobre a intervenção de pilhas, a resposta foi uma ausência total de informação. Tal como se poderá compreender no decorrer deste trabalho, os casos de estudo não só eram utilizados em si mesmos como instrumento de ensino sobre eletroquímica, mas também eles permitiam o funcionamento de outros instrumentos, pelo que, garantidamente, é um equipamento vulgar nos museus e certamente causa algum interesse pelos problemas associados (aspeto, existência de produtos tóxicos no seu interior, possível interferência nos equipamentos ao seu redor, quantidade, etc). Ainda assim, até ao momento, é de desconhecimento pessoal qualquer informação sobre intervenções neste tipo de equipamentos, o

¹ <http://thesaurusonline.museus.ul.pt>

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché que foi alvo de estranheza.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Instituto Superior de Engenharia do Porto

A industrialização teve origem em Inglaterra e nos países nórdicos da Europa e o seu impacto repercutiu-se nos demais países num processo que foi heterogéneo e com diferentes ritmos de adaptação a esta realidade.

Portugal encontrava-se enfraquecido. O século XIX foi um século conturbado, com uma grave crise política, económica e financeira. Após as invasões napoleónicas, a população sentia-se abandonada pelo monarca que investia maioritariamente no Brasil e após a sua independência, Portugal passou por períodos complexos com as guerras civis, implicando diferentes reformas a todos os níveis, alternando entre o absolutismo de D. Miguel e o Liberalismo, passando pelo Setembrismo e o Cartismo, etc. e sempre com uma interferência estrangeira muito forte, o que também não agradava aos portugueses. (Marques, 1998) Apesar disso, reconhecia-se que era indispensável a renovação a nível económico e surgiram algumas iniciativas do Estado neste sentido. Tiveram, no entanto, um carácter intermitente, pouco consolidadas e aplicadas apenas a algumas áreas da indústria (Alves, 2003). Segundo Oliveira Marques (1998), “As formas pré-capitalistas de produção e das relações de tipo industrial evoluíram a pouco e pouco para formas capitalistas desenvolvidas. Levaria, no entanto, muito tempo até que a indústria portuguesa se conseguisse libertar da tradição artesanal, do trabalho manual feminino feito em casa, da falta de capitais, da escassez de mão-de-obra qualificada e de maquinaria, etc.”

Apesar deste panorama, Portugal fez uma grande aposta na rede de transportes e comunicação, investindo na construção de estradas, caminhos-de-ferro, portos, ligações telegráficas, reformaram-se totalmente os correios, alterou-se a moeda nacional e o sistema bancário, introduziram o sistema métrico decimal e naturalmente fizeram alterações a nível do ensino. Investiram no ensino secundário, lançando bases ao ensino técnico oficial, interferindo também no ensino superior, desinvestindo na Universidade de Coimbra e investindo no ensino superior direcionado para a indústria (Marques, 1998). Daí que considere que o século XIX foi vital para a consolidação e crescimento da evolução tecnológica, apesar de tudo.

Associada a esta questão, era necessário atrair especialistas do exterior para implementar e ensinar novos ofícios, mas rapidamente se concluiu que mesmo tendo especialistas nos cargos de poder e com vontade de modernizar a indústria, se não houvesse mão de obra especializada e disponível para aceitar a modernização, não se conseguiria implementar a industrialização com sucesso.

Ainda assim, e partindo duma perspetiva que tinha por base a instrução da mão de obra especializada, houve uma instituição de cariz privado, a Associação Industrial Portuense, que toma a dianteira desta iniciativa de forma mais convicta em novembro de 1852. Era imperativo tornar a indústria nacional mais competitiva, dada a carência em que o país se encontrava. (Santos, 2005).

Assim, o ensino de mão de obra qualificada era direcionado para as necessidades específicas de Portugal, de forma a corresponder às exigências da indústria nacional, dos operários e adaptá-la à nossa realidade (Costa, 2006). O impacto e a adesão desta iniciativa foram de tal forma evidentes que se tornou óbvia a necessidade de se transferir esta dinâmica privada, para a gestão estatal. Tornar o ensino em algo mais prático e técnico do que teórico era fundamental. Assim, em dezembro de 1852 foi instaurada a “(...) *Escola Industrial do Porto - uma das duas escolas que integram a primeira estrutura de ensino industrial criada pelo Decreto de 30 de Dezembro*

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché *daquele ano, assinado pelo então Ministro do Trabalho Fontes Pereira de Melo (...)*” (Santos, 1998).

Posto isto, José de Parada e Silva Leitão, foi nomeado Diretor Interino da escola e *lente* da 4ª cadeira por Decreto de 4 de agosto de 1853, e é ele quem fica encarregue de dar início a esta empreitada e que fez de modo exemplar: *“A primeira necessidade da Escola, era sem duvida, a de uma casa propria: d’entre os edificios publicos d’esta cidade, o que sempre me pareceu, por todos os motivos, mais adequado para o estabelecim^o. da Escola Industrial, é o edeficio da Graça, já em relação a commodidade dos alumnos pela sua situação central, e já em relação ao progresso do ensino, porque n’este mesmo edeficio se acha a Academia Polytetchnica, e estes dois Estabelecimentos de instrução podem, até certo ponto, considerar-se como complementares; já porque havendo tambem dentro dos seus muros um collegio de orphãos podia este fornecer alumnos internos para a Escola, com manifesto proveito d’elles e d’ella, opinião que eu no mencionado officio de 30 de novembro vi com muito gosto ser tambem a de V. Ex.^a; já finalmente em atenção a economia, porque menos dispendioso era acabar uma parte d’aquelle edeficio, do que construir outro de novo, sendo alem d’isso geralmente aprovada pela opinião publica d’esta cidade toda a despesa feita com um dos edificios que mais a aformoseiam.”* (Leitão, 1853)



Figura 1: Edifício da Graça, atual edifício da Reitoria da Universidade do Porto Fonte: Anuário da Academia Polytechnica do Porto Anno lectivo de 1881-1882 Typographia Central 1882 Porto pp. folha de guarda

Numa primeira fase, Parada Leitão, dedicou-se à organização da escola, à escolha dos *lentes* para as *cadeiras* e à definição dos programas das mesmas.

Como já foi referido, esta escola partilhou inicialmente as instalações da Academia Polytechnica, de carácter proeminentemente academicista e que deu origem à atual Universidade do Porto, assim como outras instituições *“(...) não só pela Academia Polytechnica e Collegio dos Orphãos de que já fiz menção, mas pelo Lyceu Nacional, pela Academia de Bellas Artes, e alem d’isso*

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché *pelos particulares que habitam as lojas e sob-lojas, destinadas a render para a sustentação dos orphãos (...)*. (Leitão, 1853) Esta questão veio a tornar-se algo difícil de gerir, uma vez que, inicialmente o edifício não estava preparado para receber a escola, pelo que foram necessárias obras. Houve ainda questões de carácter mais prático, como por exemplo, o facto de a entrada ter de ser feita pela entrada da Academia Polytechnica, o que implicava gastos tanto na iluminação dos locais de passagem como na necessidade de maior número de guardas, uma vez que esta era de ensino diurno e a nova escola de ensino noturno. Houve desde sempre alguns constrangimentos associados à utilização desse espaço. Por um lado, pareceu ser o local mais adequado no momento, por outro, com o passar do tempo, as despesas com as obras de reabilitação não foram diminuindo e as necessidades de mais e maiores espaços pelo número de alunos que se iam matriculando, foi condicionando o desejado normal funcionamento das *cadeiras*. Toda esta situação implicou a necessidade de aluguer de espaços complementares, para laboratórios, oficinas de trabalho e aulas de desenho. Todo este processo levou a que uma parte do dinheiro atribuído para o ensino tivesse de cobrir outro tipo de despesas.

Ainda assim, o investimento anual em equipamento, aparelhos, consumíveis e livros ainda hoje é considerado avultado, principalmente se tivermos em consideração que o ensino era totalmente gratuito. “(...) muitas vezes as verbas disponibilizadas para a compra de equipamento não suprimiam as necessidades reais do ensino prático (...) havia sempre um grande esforço por parte do Concelho Escolar da escola em disponibilizar algum orçamento para tais aquisições. Na sua maioria, os equipamentos foram adquiridos a reputados fabricantes europeus de referência internacional. Os docentes do Instituto tiveram um papel preponderante na importação dos novos inventos e de manterem os alunos atualizados no conhecimento das novas técnicas empregues na indústria.” (Alves & Costa, 2018) A escolha e requisição destes materiais estava a cargo dos *lentes* das *cadeiras*, os quais estavam a par da tecnologia de ponta desenvolvida por toda a Europa. Para se matricular, os alunos precisavam de saber ler e escrever, terem pelo menos 12 anos e não sofrerem de nenhuma doença contagiosa (Costa, 2005). A frequência dos alunos às *cadeiras* era bastante variável, mediante as estações do ano e o fluxo de trabalho. Ainda assim, “(...) só com o que aprenderam n’um anno já alguns têm melhorado na sua sorte, havendo até exemplos de terem conseguido triplicar e quadruplicar os seus salários.” Como curiosidade e complemento desta ideia, o Palácio da Bolsa é contemporâneo desta escola, tendo sido o Salão Árabe e o Salão do Tribunal do Comércio planeados e suas obras dirigidas pelo Professor Gustavo Adolfo Gonçalves e Sousa (diretor do Instituto entre 1865 e 1899, sucessor de José de Parada e Silva Leitão) e alguns alunos. Exemplo disso, são dois alunos, os irmãos Francisco e Luís Martins Meira, oriundos de Afife e estucadores de profissão. São vários os exemplos como estes dois alunos que vieram claramente aprofundar e especializar-se mais ainda na profissão de família com o suporte do Ensino Industrial. Por outro lado, há outros alunos que vieram com uma profissão de família, portanto, que desenvolvem a mesma profissão que os seus progenitores, mas que, mais tarde, acabam por seguir outras vias. Temos o caso, por exemplo, de António Carvalho de Silva Porto, de profissão latoeiro, que posteriormente se vem a tornar reconhecido como o pintor Silva Porto, tão conhecido nos dias de hoje como vulto da pintura portuguesa contemporânea. Outros vultos da cultura portuguesa se podem destacar como tendo sido alunos desta escola, como António Teixeira Lopes ou o Padre Américo.

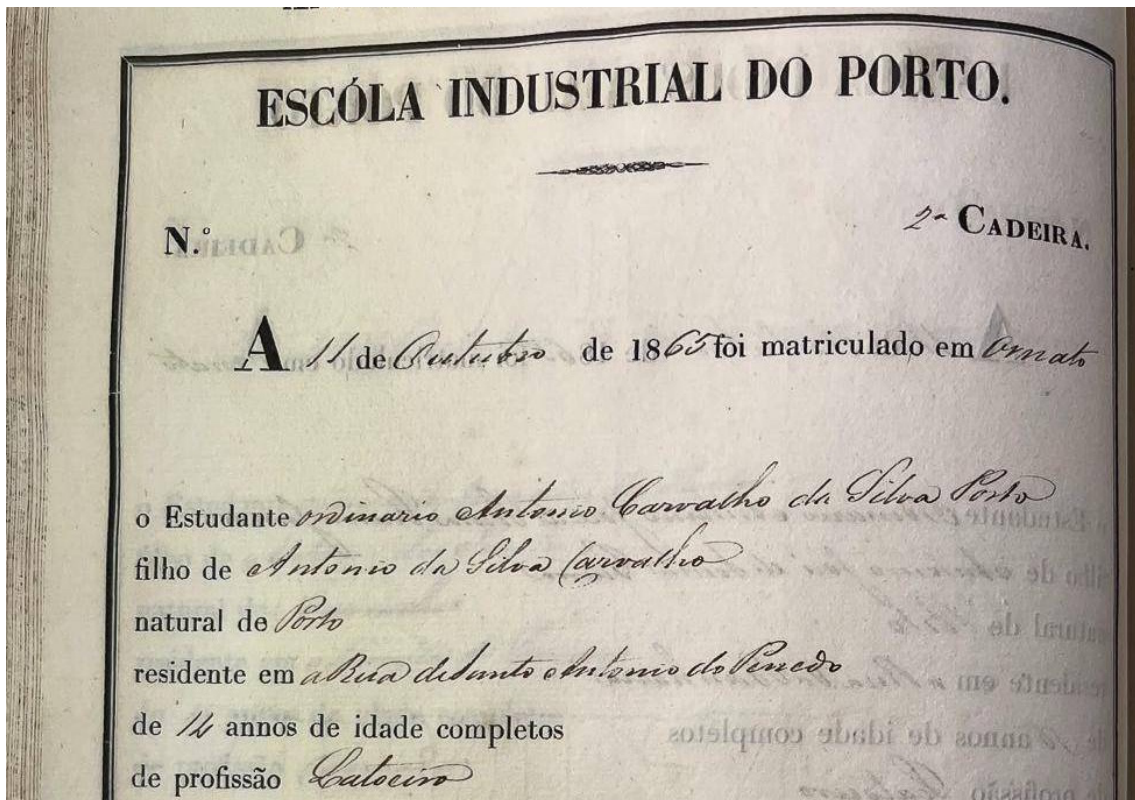


Figura 2: Matrícula de António Carvalho da Silva Porto, a 11 de outubro de 1865 (ver anexo A) Fonte: Livro de Matrículas, 2ª cadeira, 1865-1866, A39

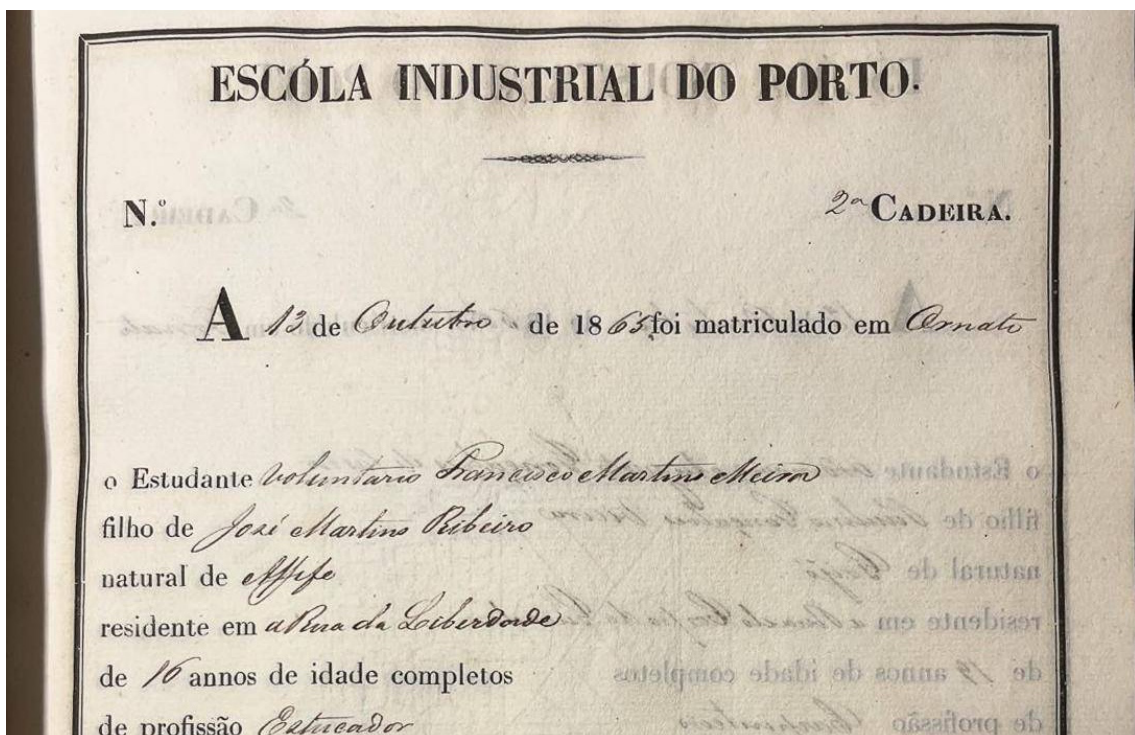


Figura 3: Matrícula de Francisco Martins Meira, a 12 de outubro de 1865 (ver anexo A) Fonte: Livro de Matrículas, 2ª cadeira, 1865-1866, A39

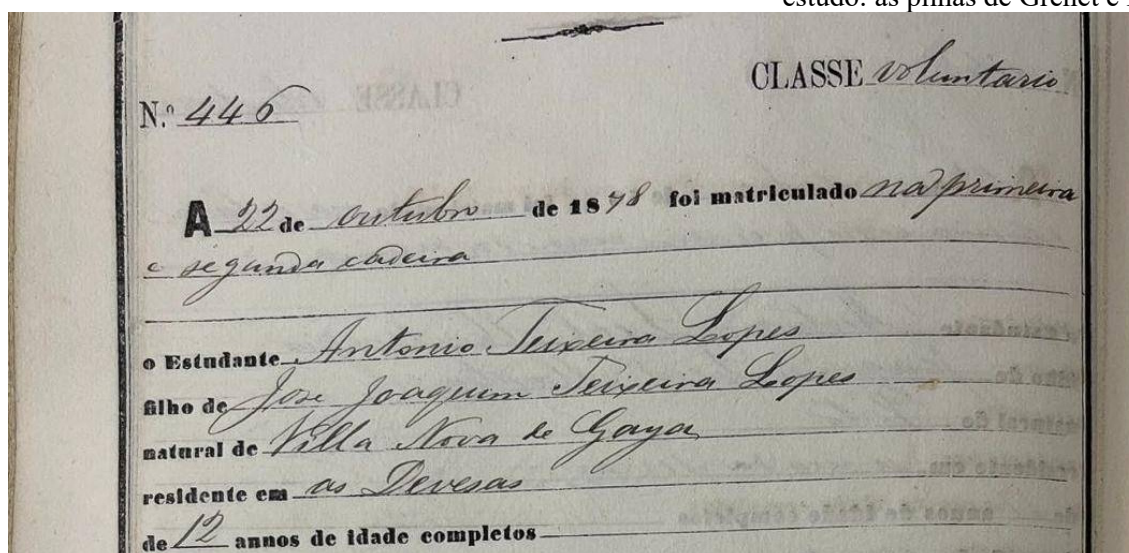


Figura 4: Matrícula de António Teixeira Lopes, a 22 de outubro de 1878 (ver anexo A) Fonte: Livro de Matrículas, 1877-1878 a 1878-1879, A86

Os alunos consideravam-se ordinários, voluntários e ouvintes registados, sendo os alunos ordinários aqueles que seguiam a estrutura definida dos cursos; os alunos voluntários, não seguiam essa ordem, mas cumpriam os tramites legais associados; e os ouvintes registados, assinavam a sua presença nas *cadeiras* que assistiam. O número de alunos matriculados aumentava todos os anos, e mesmo depois de fechadas as matrículas, continuavam a aceitar alunos como ouvintes registados, mas unicamente enquanto a dimensão da sala de aula o permitisse.

Tabela 1: Nesta tabela estão representados o número de inscritos na Escola Industrial no dia 1 de novembro de 1855 Fonte: Relatório sobre a “Escola Industrial do Porto, desde a sua criação até á abertura do anno de 1855 a 1856” – José de Parada da Silva Leitão

		Número de alunos
Matriculados	Ordinários	72
	Voluntários	190
Registados		226
Total		488

Tabela 2: Nesta tabela estão representados o número de alunos inscritos na Escola Industrial no dia 29 de julho de 1865 Fonte: Relatório sobre a “Escola Industrial do Porto, desde a sua criação até á abertura do anno de 1855 a 1856” – José de Parada da Silva Leitão

		Número de alunos
Matriculados	Ordinários	208
	Voluntários	421
Registados		159
Total		788

Esta informação demonstra o impacto que o ensino teve na sociedade portuense da época e como a necessidade era, de facto, real.

Em 1864, com a reforma do ensino, a Escola alterou o seu nome para Instituto Industrial do Porto. Em 1886, Emídio Navarro, por decreto de 30 de dezembro, determina a criação do ensino comercial de carácter técnico e associa-a ao Instituto Industrial do Porto, passando a designar-se

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché Instituto Industrial e Comercial do Porto. Esta alteração era algo desejado há muito tempo. Havia necessidade de modernizar a área comercial, sempre tão intrinsecamente ligada à indústria. “Os cursos de Comércio professados no IICP caracterizavam-se pelo seu carácter de elementaridade e de preparação para um curso superior que, controversamente, por sinal, ali não era superintendido, mas sim, apenas, na capital” (Gonçalves, 2010). Esta formação existia apenas em Lisboa e na Academia Polytechnica, que, segundo Miguel Gonçalves, não estaria bem organizada. O número de inscritos não correspondeu às expectativas, apesar de se saber o Porto como uma cidade muito ligada ao comércio, devido aos requisitos de acesso: exame de Língua Portuguesa ou o exame de admissão ao Liceu, sendo certo que a maioria dos interessados eram caixeiros (Gonçalves, 2010). A nova reforma de ensino em 1891, de João Franco, levou a que ainda menos alunos se matriculassem no curso, levando à sua separação por Decreto nº 6:099 de 15 de Setembro de 1919, passando o Instituto a chamar-se novamente de Instituto Industrial do Porto. A 31 de julho de 1924, por decreto, o Instituto volta à anterior designação *Instituto Industrial e Comercial do Porto*, uma vez que ambas as instituições se juntam “(...) enquanto não fôsse possível encontrar edificios separados para os dois institutos. De facto, embora sob direcções diferentes, e tendo cada um a sua organização própria, estavam a funcionar no mesmo edificio e tinham de utilizar até, em parte, o mesmo material escolar.” (Magalhães, 1945)

Já na ata da sessão ordinária do Conselho Escolar do Instituto Industrial e Comercial do Porto realizada em 1 de julho de 1931 se refere o seguinte: "O professor Sr. Mendes da Costa, pedindo a palavra, diz estar informado de que está para ser publicada a nova organização do ensino técnico médio e de que se pensa no desdobramento deste Instituto em duas escolas. Entende o mesmo Sr Professor que este Conselho deve pronunciar-se sobre estes dois casos, que, a realizarem-se muito prejudicarão a secção industrial. Seguidamente apresenta a seguinte proposta: "Sabendo que está elaborado em decreto sobre o ensino técnico médio, o Conselho Industrial e Comercial do Porto a Vossa Excelência que o mesmo não seja aprovado sem que este Conselho seja ouvido sobre o assunto. Mais pede a Vossa Excelência que este Instituto não seja desdobrado em duas escolas, do que não advém nenhuma vantagem para o ensino, mas antes resulta prejuízos e grande aumento de despesa para o Estado."

Depois de vários professores falarem sobre esta proposta, discordando alguns da 2ª parte, foi aprovada por maioria e encarregado o Sr Director de officiar a Direcção Geral nesse assunto."

Tal como antevia o Sr Professor Mendes da Costa na citação anterior, em 1933 o Instituto sofreria nova alteração. Desta vez, mudaria para instalações próprias na Rua do Breiner, passando novamente a Instituto Industrial do Porto, sendo o Instituto Comercial instalado na Rua Entreparedes. Esta mudança está associada à separação definitiva do ensino industrial e do ensino comercial. Finalmente, em 1968 mudar-se-ia para as atuais instalações na Rua de S. Tomé convertendo-se no atual Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) em 1974 (Costa, 2005).

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Tabela 3: Tabela ilustrativa das diferentes nomenclaturas pelas quais o Instituto foi passando, o decreto que o determina e o período de vigência correspondente

Legislação e data da publicação	Unidade Orgânica	Período de vigência
Decreto de 30 de Dezembro de 1852	Escola Industrial do Porto	1852 - 1864
Decreto de 20 de Dezembro de 1864	Instituto Industrial do Porto	1864 - 1886
Decreto de 30 de Dezembro de 1886	Instituto Industrial e Comercial do Porto	1886 - 1919
Decreto nº 6:099 de 15 de Setembro de 1919	Instituto Industrial do Porto	1919 - 1924
Decreto nº 9:954 de 31 de Julho de 1924	Instituto Industrial e Comercial do Porto	1924 - 1933
Decreto-lei nº 22:739 de 26 de Junho de 1933	Instituto Industrial do Porto	1933 - 1974
Decreto-lei nº 830 de 31 de Dezembro de 1974	Instituto Superior de Engenharia do Porto	1974 -

Pareceu-nos pertinente contextualizar o surgimento desta escola e todo o empenho, dedicação e esforço que foi levado a cabo para que a escola tivesse frutos. Foi feito um enorme investimento por parte de todos os intervenientes, o qual corresponde ao período em que os casos de estudo viriam a ser adquiridos. A escola ainda hoje existe e continua a destacar-se pelo seu ensino prático embora se tenha optado por enfatizar do momento da sua criação e até ao momento da aquisição e uso dos casos de estudo, para ressaltar, as dificuldades que a mesma enfrentou e que mesmo assim conseguiu superar e fazer um grande investimento dos equipamentos necessários.

2.2 Museu do ISEP

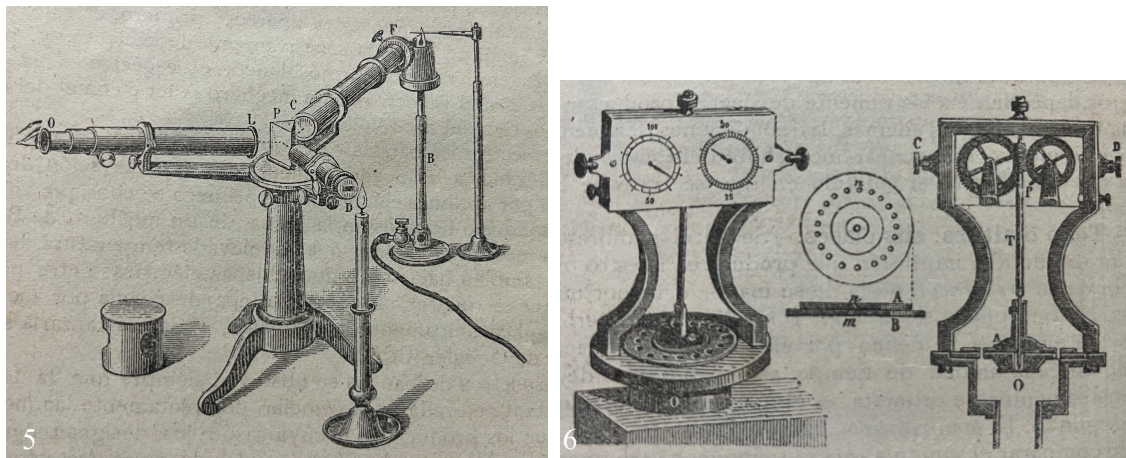
Como já tem vindo a ser referido, o ensino de que o ISEP é sucessor, tem um carácter iminente prático, enquadrado no lema *saber fazer*. Houve, portanto, um investimento considerável para a época, tendo o equipamento e materiais pedagógicos sido adquiridos, na sua grande maioria, durante o século XIX e princípios do século XX de forma a equipar e manter atualizados os gabinetes e laboratórios auxiliares de ensino, como comprovam as fontes documentais “(...) *as estruturas em questão foram criadas no sentido de serem empregues no ensino prático dessas matérias, para que os alunos pudessem ter contacto direto com as amostras, espécimes e instrumentos científicos instruídos nas lições teóricas, facultando-lhes uma aquisição conceptual muito mais ajustada à realidade.*” (Alves & Costa, 2018) O ensino nesta instituição tinha por base as engenharias tradicionais (física, química, mecânica, construção civil, mineralogia e eletrotécnica) e o acervo atual deste museu é o reflexo do investimento feito nestas áreas. É um acervo composto por objetos científico-didáticos, que foram a essência do ensino prático, assim como manuais, publicações e catálogos da época dos equipamentos adquiridos.

De notar que no Decreto nº 445, de 22 de abril de 1914, após a extinção dos museus industriais e comerciais e sobre a distribuição dos bens que pertenciam a este museu, refere-se “1º Que os objectos existentes no extinto Museu Industrial e Comercial do Pôrto fiquem pertencendo ao Instituto Industrial e Comercial da mesma cidade, constituindo um Museu dessa Escola que possa ser aproveitado também por outras;”. A verdade é que, de facto, o Museu do ISEP nada tem com esta proveniência, nem tão pouco qualquer registo sobre a vinda de qualquer bem de origem no Museu Industrial e Comercial do Porto. Ainda assim, há que referir que o arquivo possui um conjunto de faturas deste estabelecimento assinadas pelo seu diretor (Joaquim de Vasconcelos), anos após a sua extinção (*ver exemplos no anexo B*). De referir ainda que o atual Instituto Superior

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché de Contabilidade e Administração do Porto (ISCAP), tem, em sua posse, a coleção do Museu Industrial e Comercial do Porto de faianças e alguns elementos administrativos (carimbo). Apesar de parecer muito estranho, tendo em conta que à época eram a mesma instituição, supõe-se que a coleção terá desaparecido ou eventualmente nunca ter sido entregue aquando da separação definitiva em 1933.

O Museu do ISEP, cujo primeiro nome foi Museu Parada Leitão em homenagem ao primeiro diretor interino da Escola, é herdeiro destes equipamentos e instrumentos que acompanharam as diferentes mudanças de espaço físico e cuja maioria se mantém reunida sob a categoria de coleções.

A origem do museu está ligada à exposição “Memórias da Physica”, inaugurada a 2 de novembro de 1998 que contou com cerca de 170 peças. Esta exposição teve em consideração as temáticas fulcrais da área da Física, tais como a Mecânica e Gravidade, representada com o duplo cone ou o martelo de água; a Termologia, retratada através de termómetros e compensadores; Eletricidade e Magnetismo, espelhada por resistências, bússolas ou a máquina eletrostática de Wimshurst; Ótica, com espectroscópio (Fig.5), ou a lanterna mágica; Acústica, com os diapasões, o Fonógrafo de Edison ou as sereias acústicas (Fig.6), e ainda a Metrologia com o contador de distâncias, entre muitos outros objetos. (Santos, 1998; González Martí, 1918) Esta exposição foi criada devido à necessidade de se preservarem e divulgarem instrumentos e equipamentos que constituem atualmente o acervo do museu. Para esta exposição houve uma intervenção nas peças efetuada pelos professores João Neves Pinto e Alexandra Agra Amorim, com um objetivo meramente estético. (Santos, 1998)



Figuras 5 e 6: Espectroscópio (5), utilizado para estudar os espectros luminosos; Sereia acústica (6), serve para demonstrar que a altura do som aumenta com a frequência das vibrações Fonte: González Martí, I, (1918) *Tratado de Física General*, 3ª ed. Madrid, Imprenta de la viuda de Prudencio Pérez de Velasco, pp. 677 e 226

O museu pretende dar continuidade à função das peças, ou seja, educar e instruir e ao estar associado a uma instituição de ensino superior, tem uma mais-valia pedagógica pois “*Os visitantes têm a oportunidade de constatar que, afinal, aprender ciência não é forçosamente aplicar fórmulas e elaborar equações, mas sim experimentar conceitos.*” (Costa, 2005) Afinal, o Museu do ISEP tem como objetivo promover o conhecimento do património científico e técnico, promover a investigação e divulgar a mesma projetando no futuro, a aprendizagem do passado (Regulamento 174/2022).

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Associado ao museu, está o Arquivo Histórico, que possui toda a documentação administrativa relativa ao funcionamento do Instituto desde a sua origem. Deste arquivo fazem parte documentos como cartas, atas, matrículas, folhas de presença e pagamento de funcionários e *lentes*, tal como os meios de avaliação dos alunos, por exemplo, relatórios de estágio, provas de avaliação, desenhos dos órgãos de máquinas entre muitos outros.

Existe ainda todo um conjunto de material de apoio ao ensino impresso como manuais, publicações e catálogos da época, que estão relacionados com o ensino das aulas em concreto ou com os equipamentos e instrumentos.

O espólio do Museu é, desta forma, composto por três grandes coleções: objetos, fotografias e estampas e desenhos num total de aproximadamente 10 mil peças. (Costa & Oliveira, 2009)

Os objetos da coleção reúnem em si mesmos várias outras coleções, diretamente relacionadas com as áreas das engenharias: Civil, Minas, Metalurgia, Mecânica, Eletrotécnica, Desenho, Mineralogia, Geologia e Paleontologia bem como Química, Física, Matemática e Topografia.

Embora o acervo no seu conjunto tenha vindo a aumentar, apenas engloba artefactos que tenham uma relação direta com o ISEP ou com o antigo Instituto Industrial e Comercial, como por exemplo, instrumentos que foram utilizados nos estabelecimentos de ensino prático (laboratórios e gabinetes), ou que foram usados por professores ou alunos em contexto de sala de aula. O procedimento de incorporação de objetos do Museu do ISEP indica que os objetos “(...) devem estar de acordo com (...) a relevância para o desenvolvimento e missão do Museu do ISEP” e “possuir uma importância e representatividade significativa no âmbito da história da ciência, do ensino industrial e do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Devem estar articulados com o âmbito geográfico estabelecido e, no caso de estar fora, ser de grande valor para a coleção.” (DDC-MUS-PG002)

No momento do seu surgimento existiam já alguns museus como por exemplo o Museu da Ciência da Universidade de Coimbra ou o Museu Nacional de História Natural e da Ciência em Lisboa cuja origem se assemelha, pela sua associação a ensino superior e serem herdeiros do espólio que integrava a lecionação das áreas de ensino.

2.3 Coleção de Física

O ensino do Instituto Industrial do Porto incidia sob grandes áreas de estudo das ciências e o motivo pelo qual a Física está em destaque está relacionado com os casos de estudo escolhidos para este trabalho: as pilhas de Grenet e de Leclanché. As pilhas em questão estão inventariadas como pertencentes à coleção de Física e, de facto, estes equipamentos pertencem à área de estudo de Eletricidade, mas a realidade destas peças vai muito além de simples instrumentos de uma área. Se considerarmos por exemplo um teodolito, este é um instrumento ótico de medição utilizado na Topografia. Portanto está inventariado como pertencente a essa coleção e cumpre, de facto, essa funcionalidade apenas e só. No caso em concreto das pilhas o mesmo sistema não se aplica, ou seja, apesar de serem um equipamento pertencente à área de Eletricidade e portanto foram utilizadas para estudar toda a matéria que envolve a produção de energia elétrica, como esta se cria, qual o processo químico por detrás deste assunto ou até quais os materiais utilizados para a constituição da mesma pilha, mas também, exatamente por terem a capacidade de gerar eletricidade, estes materiais foram utilizados como fonte de energia para equipamentos de outras áreas. Na imagem seguinte, evidencia-se como outros aparelhos necessitam de uma fonte de energia para funcionarem (Fig.2).

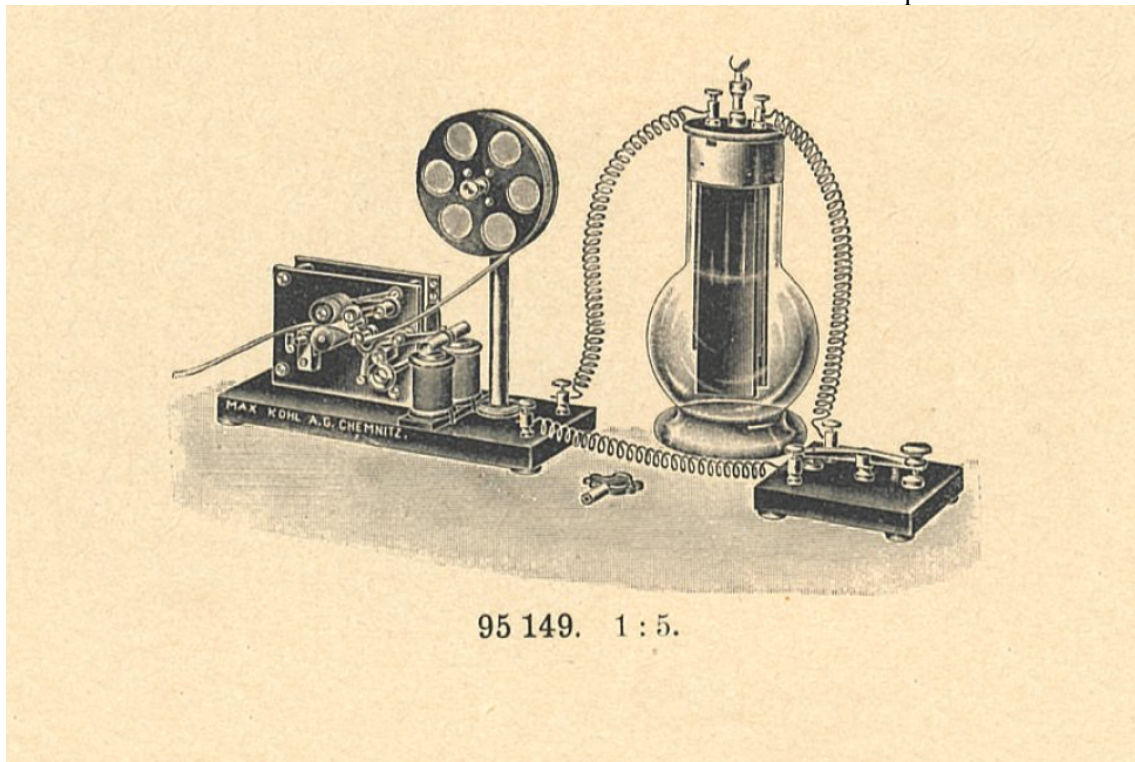


Figura 7: Recetor-registador de Morse e chave telegráfica interligadas por uma pilha de Grenet. A escolha desta figura pretende que se contemple esta realidade de inter uso de equipamentos entre áreas. Fonte: Catálogo Max Kohl, Aktiengesellschaft, Chemnitz, Fabrique et Magasin d'Appareils de Physique Catalogue No 100, Tome III, 1927 pp. 962

No ano letivo de 1887 e 1888 do Instituto Industrial e Commercial do Porto, destacavam-se as seguintes cadeiras: a 2ª cadeira de nome *Rudimentos de physica, de chimica e de electrotechnia*, integrava diferentes áreas, tais como: *Physica e Electrotechnia (Hydrostatica, Pneumatica, Acustica, Calor, Optica, Magnetismo, Electricidade estatica, Electricidade dinamica, Meteorologia e Climatologia) e Chimica (Metalloides, Metaes, Organica)*; a 7ª cadeira *Physica e suas aplicações ás industrias* que integravam *Noções de Estatica e Dynamica, Hydrostatica, Aerostatica, Acustica, Calor, Luz (optica), Electricidade e Magnetismo*; e, ainda, a 8ª cadeira *Electrotechnia, Telegraphia e outras aplicações da Electricidade*, desenvolvendo *Noções preliminares, Unidades, Instrumentos e Methodos de avaliar as grandezas electricas; Apparehos productores de electricidade: Pilhas, Magnetisação, acções magneticas e electro-magneticas, theoria da indução; Geradores electro-dynamicos ou dynamicos; Motores e transformadores electricos; Aplicações da electricidade: Linhas electricas, transporte e distribuição de energia por meio da electricidade, Telegraphia e Telephonia, Iluminação electrica, Galvanoplastia e electro-metallurgia*. Decorrente do Decreto de 3 de novembro de 1905 há algumas alterações como por exemplo: a 5ª cadeira passa a chamar-se *Physica Experimental – Physica Industrial* que foca áreas como a *Hydrostatica, Pneumatica, Acustica, Calor, Optica, Electricidade e Magnetismo*, em ambas as vertentes; ou, ainda, a 13ª cadeira de nome *Electrotechnia* que abrange 3 grandes temáticas: *Medidas electricas – geradores e transformadores electricos; Telegraphia e Telephonia; outras aplicações da electricidade*. O motivo pelo qual se mencionam os programas destas cadeiras visa demonstrar a importância que áreas como a eletricidade tinham naquela altura. Portanto, o uso destas pilhas é totalmente justificado, até porque o Edifício da Graça só foi eletrificado após a criação do Instituto. Ainda assim, é possível compreender através da consulta das faturas e dos livros de caixa, que mesmo após a eletrificação do edifício, o valor despendido com consumíveis como velas de estearina é mensal e bastante avultado. Sabe-se também que a

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

eletricidade estática era produzida nos gabinetes através dos equipamentos, que chegaram até nós e pertencem hoje ao acervo do museu, para uso no decorrer normal das aulas.

Mediante as informações que constam no inventário de 1938, há registos de vários tipos de elementos de pilha (Bunsen, Leclanché, Grenet, Daniell, entre outras) em diferentes salas, tais como a Sala nº4 (Física), na parte de eletricidade, a Sala nº 5 (laboratório de Física) em eletricidade e magnetismo e a Sala nº 9 (laboratório de eletricidade).



Figura 8: fotografia do Laboratório de Física da Faculdade de Ciências, Sala de Trabalhos de Eletricidade, onde é visível uma mesa (ao centro), com diferentes elementos de pilha de Leclanché. Fonte: Dois séculos: instrumentos científicos na história da universidade do porto comemorações dos 100 anos da universidade, pp.6 (Nota: apesar desta fotografia não ser do Instituto Industrial, tem como objetivo único demonstrar que o uso destas pilhas nos laboratórios era vulgar)

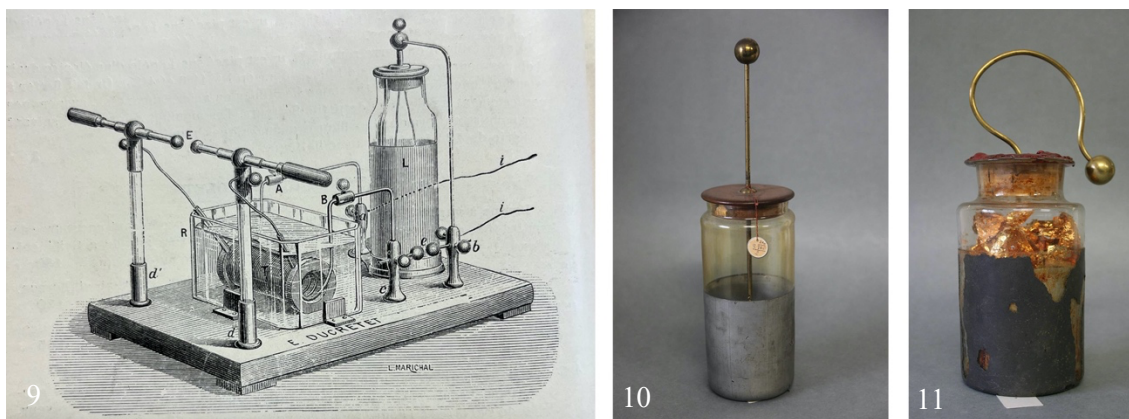
2.4 Eletricidade

De uma forma muito genérica, a eletricidade é um ramo da Física que estuda os fenómenos que resultam da existência de partículas com carga elétrica. Provém do nome grego *elektron* que significa âmbar. O filósofo Tales de Mileto, no século VI a. C., descobriu que o âmbar adquire carga elétrica após fricção, daí que tenham associado o nome desta resina à eletricidade. A acumulação de cargas elétricas acontece em qualquer material e este fenómeno ocorre principalmente através da fricção, ou seja, por um processo de atrito sendo o mesmo facilitado por ambiente com humidade relativa baixa, portanto, mais seco. (Seixas, 1966) Esta descoberta manteve-se no esquecimento durante mais de dois mil anos, até os físicos ingleses Gilbert e Gray, voltarem a desenvolver esta questão. (Micheli-Serra, et all 2012) A eletricidade electroestática, foi, durante muito tempo, o processo mais comum na obtenção de energia por ser único método conhecido de obtenção de energia, completamente controlado pelo homem.

Em 1745, quase em simultâneo, na Alemanha e na Holanda, fez-se uma descoberta que viria a mudar o mundo da eletricidade. Na Alemanha, Von Kleist, durante uma experiência, recebe um

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

grande choque quando decide agarrar com a própria mão um prego eletrizado. Já na Holanda, Musschenbroeck, numa tentativa de eletrizar a água que era contida por uma garrafa vivenciou um resultado semelhante. A prática de Musschenbroeck e, acima de tudo o susto, ficou conhecida e Nollet, que deu continuidade às experiências, viria a desenvolver um aparelho a que daria o nome de garrafa de Leiden, em honra do choque que Musschenbroeck sofreu, cuja função era conter em si mesma energia (Seixas & Soeiro, 1966). As garrafas de Leiden correspondem a uma garrafa de gargalo largo, de vidro duro transparente revestido por fora com uma folha de estanho até cerca de dois terços da garrafa, a que se chama armadura externa ou condensadora. No seu interior possui folhas de ouro, quase até estar preenchida (armadura interna ou coletora), água e uma vara metálica que passa para o exterior através de uma rolha de cortiça e na ponta possui uma bola por onde se dava a descarga elétrica. A rolha deve estar isolada, por exemplo, com lacre. (Gordon, 1881) A garrafa de Leiden assumiu um papel determinante nos métodos experimentais da Física no século XIX, estando na origem das baterias, uma vez que juntando várias conseguiam acumular bastante energia, denominando a esse conjunto, condensadores.



Figuras 9, 10 e 11: Aparelho de Tesla Catálogo da E. Ducretet pp.186 (fig 9), que necessita de uma descarga elétrica, potenciada pela garrafa de Leiden (L); (figs 10 e 11) dois modelos distintos da garrafa de Leiden que integram a coleção do Museu do ISEP (em exposição) Guilhermina Cadeco ©

Em 1786, Luigi Galvani, professor na Universidade de Bolonha, levou a cabo uma experiência onde comparava as pernas de uma rã, morta recentemente, com uma garrafa de Leiden. Colocava um arco feito com dois metais, zinco e cobre, em contacto com as pernas da rã e davam-se contrações musculares intensas. Segundo ele, a rã teria em si mesma eletricidade que se observava através do contacto com os metais. Com esta experiência, deu-se o primeiro passo para o estudo da bioeletricidade. (Jensen, 2015)

Alexandro Volta, também italiano, teve conhecimento deste estudo de Galvani e julgou compreender o processo que estaria por detrás desta experiência. O motivo das contrações não seria devido à eletricidade produzida pelo animal, mas sim, pela presença de dois metais distintos e a rã apresenta-se como um “eletroscópio” que apenas serve para identificar a presença de energia.

Neste sentido, Volta resolveu testar a sua teoria e desenvolveu pela primeira vez, uma sequência alternada de círculos de cobre e zinco colocando entre cada conjunto, um círculo de cartão embebido numa solução salina (ácido sulfúrico diluído), ligados por fios, que, quando aproximados, produziam uma faísca. Com esta descoberta, Volta cria a primeira pilha hidroelétrica (Fig 12). Pela primeira vez, o Homem conseguia produzir uma corrente contínua.

Este tipo de “gerador” não era muito prático, pelo que se continuou a pesquisa numa tentativa de tornar a pilha mais profícua. (Seixas, 1966)



Figura 12: Alexandro Volta a apresentar a pilha a Napoleão Bonaparte (quadro de Giuseppe Bertini)
Fonte: Seixas, R. L. & Soeiro, A. C. G., (1966) *Lições de Física Experimental para o 2º Ciclo dos Liceus*, Vol II – 5º ano, 2ª edição, pp147

Em 1836 é descrita pela primeira vez a pilha de Daniell, que vinha colmatar as dificuldades de uso da pilha de Volta, assim como criar algo electroquimicamente mais eficiente, pois necessitava de um grande número de círculos para se tornar produtivo. A pilha de Daniell era constituída por dois conjuntos: uma placa de zinco, mergulhada numa solução de sulfato de zinco e uma placa de cobre mergulhada numa solução de sulfato de cobre, interligados por uma ponte salina ou uma parede porosa. No seu máximo atingia os 1,1 volts e foi o primeiro elemento de pilha a ser comercializado. O processo de produção de energia consumia os seus elementos rapidamente pelo que exigia que estivessem sempre a substituir tanto as placas como a preencher os compartimentos das soluções salinas. Exatamente por este motivo, foram várias as reformulações da forma desta pilha, tentando até fazer algum controlo dos cristais que se iam formando. (Sloane, 1917)

Em 1839, William Robert Grove descreveu pela primeira vez uma pilha que poderia resolver os problemas da pilha de Daniell. Esta pilha conseguia produzir até 1.9 volts e rapidamente se tornou a pilha favorita, pois era de pequenas dimensões. Ainda assim, o facto de utilizar como eléctrodo placas de platina, tornava-a muito dispendiosa e os fumos libertados durante o seu uso fizeram com que também ela fosse rapidamente substituída. (Jensen, 2015)

O químico alemão Robert Wilhelm Bunsen viria, em 1841, a apresentar a sua proposta (Fig 13). Era constituída por um vaso poroso colocado dentro de um vaso de grés impermeável. Entre ambos estava uma lâmina de zinco amalgamado de forma cilíndrica que possui um ligador metálico no topo. No interior do vaso poroso, era colocada uma barra de carvão, também ela com um ligador metálico no topo mergulhada em ácido azótico que é despolarizante. Este modelo vinha baixar os custos ao substituir a placa de platina por uma de carvão. (González Martí, 1918)



Figura 13: Pilha de Bunsen em exposição no Museu do ISEP - Guilhermina Cadeco ©

Este modelo vai suscitar algumas propostas de outros químicos como Robert Warington e Johann Christian Poggendorff que desenvolvem uma pilha com base no dicromato de potássio. (Jensen, 2015)

Um operário francês patenteia, também ele, em 1859, uma nova proposta a esta pilha de dicromato de potássio. Era composta por frasco de vidro em forma de balão, com pé redondo e colo alto e estreito encimado por um disco isolante em ebonite. A este disco estavam fixas duas lâminas de carvão. Entre as lâminas, encontrava-se uma placa de zinco, que através de um sistema manual com um ligador, que permitia baixar ou subir, esta placa era ou não mergulhada no líquido que se encontrava no interior do frasco. Preso às lâminas, existiam também dois ligadores (um para cada lâmina) por onde passava a energia gerada pela reação química. O eletrólito era uma solução de dicromato de potássio e ácido sulfúrico. Esta pilha era conhecida por ser muito eficiente e rápida, mas a reação química provocava uma, também rápida, evaporação do eletrólito que era considerado como uma desvantagem.

No ano de 1868, Georges Leclanché surge com uma nova invenção. Era composta por um frasco de vidro de forma quadrada, de boca larga e circular. No seu interior existia um vaso cilíndrico de material poroso (tecido ou cerâmico). Entre ambos colocavam uma amálgama de zinco de formato cilíndrico e no interior do vaso colocavam uma barra de carvão com óxido de manganês. O eletrólito era uma solução concentrada de cloreto de amónio. A sua força motriz era de cerca de 1,5 volt. Este foi a base do modelo das pilhas comumente chamadas de alcalinas que ainda hoje estão em uso (Fig. 14).

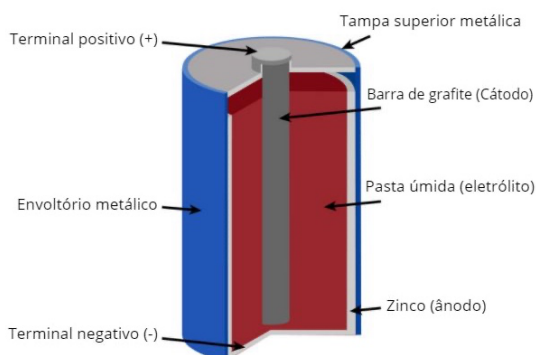


Figura 14: Diagrama de uma pilha seca Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilhas.htm>

Naturalmente que a evolução não parou e hoje são variados os tipos de pilhas em utilização. Estes dois últimos modelos são os casos de estudo escolhidos para este trabalho, pelo que serão desenvolvidos com mais detalhe.

3 CASOS DE ESTUDO

A seleção dos objetos a considerar para este estudo foi feita mediante vários parâmetros pois, como em qualquer coleção, há vários tipos de peças, que apresentam diversas patologias, diferentes estados de conservação, correndo os mais diversificados riscos. Estes casos foram escolhidos não só pelo avançado estado de degradação que apresentavam, mas também porque se supunha poder haver alterações que pudessem ter implicações nas peças que partilham o mesmo espaço, a reserva do Museu.

Optou-se por escolher dois casos com algumas semelhanças, como a função, época, estado de conservação e a incerteza quanto à estabilidade dos materiais degradados. Selecionaram-se então, duas pilhas, que apesar das suas diferenças, têm também muitas semelhanças, o que motivou o estudo de ambos os casos para esta dissertação.

Estes dois casos são representativos duma situação recorrente e muito característica das coleções de Museus da Ciência e da Técnica. A quase totalidade das peças que pertencem à coleção do Museu do ISEP, cumpriram a sua função como instrumentos didáticos ou facilitadores do ensino. Tal como qualquer instrumento, estiveram dependentes da inovação, sendo substituídos quando deixam de ser o meio mais eficaz para atingir o fim pretendido, tornando-se obsoletos. Essa substituição normalmente é feita da forma mais simples: troca-se o mais antigo pelo mais recente. O mais antigo, é, normalmente, arrumado num armário e aí permanece, da mesma forma que foi retirado da sala de aula, no estado em que se encontrava na última utilização. Para a maioria dos objetos, não há qualquer alteração para além do esquecimento, mas quando se trata de objetos com produtos tóxicos na sua composição ou interior, esta situação é bem mais complexa já que acarreta potenciais riscos para a saúde e para o ambiente envolvente.

3.1. Pilhas

Numa pilha ocorre uma reação eletroquímica, onde há alteração do estado de oxidação, dos seus compostos através do aumento do número de oxidação dos metais que cedem eletrões. Quando estes eletrões são transferidos pelo outro eléctrodo, estabelece-se uma corrente eléctrica, a que vulgarmente se chama eletricidade.

Assim, como refere Jensen, uma pilha, de uma forma muito generalista e simples, transforma a energia química em energia eléctrica (Jensen, 2015).

Para que este processo ocorra, são necessários três elementos: dois eléctrodos habitualmente em estado sólido, o cátodo e o ânodo e um eletrólito (normalmente em estado líquido). Para que este processo se inicie, é necessário que ambos os eléctrodos tenham potenciais diferentes. Quando fornece corrente eléctrica, a circulação dos eletrões faz-se do ânodo para o cátodo e há vários fatores que influenciam na velocidade com que estes circulam (Mantell, 1962).

Na discussão desta temática tem-se sempre como referência a pilha de Volta, pois foi a primeira pilha “seca” a produzir uma corrente eléctrica estável e confiável, embora não o conseguisse fazer por um longo período. Tendo esta como ponto de partida, surgiram outros tipos de pilhas (Jensen, 2015), entre os quais se podem destacar a pilha de Grenet e a pilha de Leclanché ou a pilha de Daniell e de Bunsen.

3.1.1. Pilha de Grenet

A pilha de Grenet, tal como tantas outras, vem a ser um melhoramento da pilha de Volta. Foi inventada no último quartel do século XIX, (subsistindo várias teorias sobre quem e quando terá sido inventada), sendo a versão mais vulgarizada de que foi inventada em 1850 por um operário francês e que foi patenteada em 1859 (Santos, 2005).

É composta por um frasco de vidro (*V*) em forma de balão com pé redondo, com colo alto, mas estreito encimado por um disco isolante em ebonite (*E*). A esse disco estão fixas duas lâminas de carvão (*C*). Entre as duas lâminas de carvão existe uma placa de zinco (*Z*). Por cima e fixo ao disco de ebonite há ainda dois ligadores que fazem passar a corrente e o ligador do centro (*T*), que está preso à placa de zinco que serve apenas para a mergulhar ou retirar do eletrólito quando não em uso. O interior contém uma solução (*L*) de dicromato de potássio 5% (m/v) e de ácido sulfúrico 10% (v/v) (Ganot, 1876). Apresenta tamanho variável (desde ¼ de litro a 2 litros) e três ou cinco elementos (duas barras de carvão e uma de zinco ou três barras de carvão e duas de zinco). Esta pilha tinha a desvantagem de ir perdendo o eletrólito por evaporação, que levava a uma diminuição na produção de energia, mas era, ainda assim, considerada muito eficiente e rápida. Foi usada inclusivamente com fins militares, como por exemplo, para detonar minas, devido à rapidez de obtenção de corrente elétrica (Jensen, 2015).

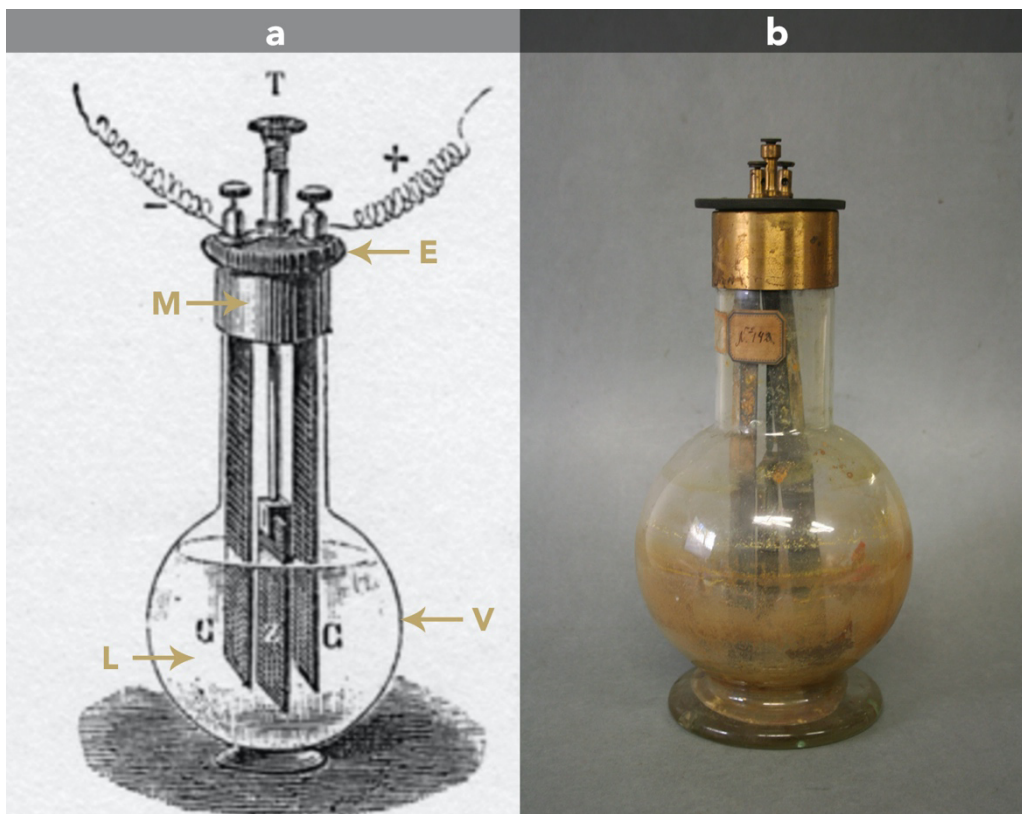


Figura 15: Pilha de Grenet. a) *V* – frasco de vidro, semelhante a uma garrafa; *L* – líquido no interior que corresponde a 1 litro de água saturada com dicromato de potássio e 200 gramas de ácido sulfúrico; *C* – 2 placas de carvão; *Z* – placa de zinco que está fixa a *T* – terminal que permite mergulhar ou retirar a placa de zinco do contacto com o líquido, *M* – acabamento em metal (latão) encimada por um suporte de ebonite – *E* – serve como isolante e, por fim, os ligadores metálicos em latão. (gravura retirada de <http://campanelli.fulminati.org/pile-2/>) b) Objeto do Museu do ISEP (MPL4060OBJ)

“Ces couples se composent d’un vase extérieur en verre en forme de bouteille, de deux lames de

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché charbon CC et d'un zinc mobile Z qu'on peut plonger plus ou moins dans le liquide ou retirer tout à fait à l'aide de la tige T.

Les couples au bichromate de potasse sont très-précieux pour toutes les expériences de peu de durée qui demandent de grandes quantités d'électricité; elles sont très-propres et ne donnent lieu à aucune émanation. Le liquide excitateur s'emploie pur ou étendu d'eau; il est formé de 1 litre d'eau saturée de bichromate de potasse auquel on a ajouté 200 grammes d'acide sulfurique. On peut aussi ajouter 4 ou 5 grammes de bisulfate de mercure par litre, afin d'entretenir les zincs bien amalgamés et d'éviter ainsi leur usure. (...)” (Gaiffe, *s.d.*)

O Museu possui três exemplares cuja fatura data de 4 de junho de 1914 no valor de 4 escudos cada uma (*ver anexo C*) pertencendo a uma encomenda de “(...) instrumentos de física e de topografia(...)”. Estes, aparecem também referidos no inventário de 1940 como três “pilhas de bicromato de potassa” com o custo por unidade de 16,66 escudos que representa um total gasto de 50 escudos (*ver anexo C*). Consideram ainda que se apresentavam em bom estado de conservação cuja proveniência é ignorada. Estavam localizadas na Sala nº 9 que correspondia ao *Laboratório de Electricidade*. Desses três exemplares, o modelo mais pequeno (MPL146OBJ), está em exposição na sala de Física e supõe-se nunca ter sido utilizado. Os outros dois modelos, de diferentes tamanhos, claramente cumpriram a sua função. A pilha de maior dimensão (MPL4060OBJ), está vazia, mas as paredes apresentam sujidade e acumulação de partículas sólidas no seu interior, que se depreende ser vestigial dos compostos químicos que constituíam o eletrólito e cujo solvente tenha evaporado. Na base existem várias fissuras, havendo uma que se destaca claramente pela sua dimensão por onde se supõe que terão escorrido as substâncias existentes no interior. A estrutura metálica possui não só produtos de corrosão distribuídos pela totalidade da estrutura como também sais na parte que se encontra dentro da garrafa de vidro. É perfeitamente perceptível a forma como funcionava o mecanismo, que ainda é possível manusear e remover do interior da garrafa. Ambos os modelos referidos têm a estrutura mais simples: duas placas de carvão que ladeiam uma de zinco. Por último, o terceiro modelo (MPL4061OBJ), tem um tamanho intermédio e é o que se encontra em estado de degradação mais avançado. Não é possível retirar a estrutura metálica do interior da garrafa de vidro. Supõe-se que seja devido à dilatação dos metais e também pela quantidade de sais agregados à mesma estrutura. A garrafa ainda contém no seu interior uma substância pastosa de tom avermelhado e nas fissuras é possível identificar sais de tonalidade laranja. Os ligadores apresentam também produtos de corrosão. De notar que este é o modelo mais complexo, pois possui três placas de carvão e entre estas, duas placas de zinco.

Rapidamente se verificou através da consulta de manuais da época de eletricidade ou eletroquímica ou até mesmo através da consulta de catálogos, pelos quais eram feitas as encomendas para o apetrechamento dos laboratórios, quais os materiais que constituíam estas pilhas. Ainda assim, e para assegurar uma correta avaliação do estado de conservação e dos riscos inerentes, sentiu-se a necessidade de confirmar a informação recolhida. O objetivo era também obter toda a informação possível sobre os componentes da pilha e o seu estado de degradação para ser mais fácil a avaliação do grau de degradação destes materiais, para se obter a resposta a uma das questões que impulsionou este trabalho: se os materiais destas pilhas estavam ou não, num ponto estável de degradação.

Nesse sentido, foi necessário identificar as metodologias que melhor se adequavam às perguntas, mas ao mesmo tempo, foi necessário identificar também quais as análises que estariam de facto

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché ao alcance deste estudo, considerando os constrangimentos orçamentais e quais as técnicas analíticas disponibilizadas pelos laboratórios do ISEP.

3.1.2. Pilha de Leclanché

A pilha de Leclanché (Figura 15), foi inventada pelo francês Georges Leclanché em 1868. Segundo Mantell, esta pilha caracteriza-se pelo sistema $Zn/CINH_4 - MnO_2/C$. Na sua formulação primitiva, a barra de carvão era inserida num vaso poroso cheio de carvão triturado e óxido de manganês (MnO)². A mistura dos constituintes era comprimida para garantir o contacto entre eles. Posteriormente, foi-lhes dado uma forma cilíndrica, em que ambos os elementos se aglomeravam e eram suspensos diretamente no elétrodo de zinco. O eletrólito era uma solução concentrada de cloreto de amónio (NH_4Cl) a 20%.

Os exemplares que se encontram no Museu do ISEP são compostos por um frasco de vidro quadrado, com um gargalo largo de forma circular. No interior existe uma amálgama de zinco em forma de barra cilíndrica e um vaso poroso que encerra uma barra de carvão das retortas encimado por um ligador metálico. A força motriz é de cerca de 1,5V, mas em uso contínuo baixa para 1,1/1,2V.

“Ce couple se compose d’un vase extérieur en verre, d’un bâton ou d’une lame de zinc, d’un prisme de charbon entouré d’un mélange de peroxyde de manganèse et de coke concassé en grains de la grosseur d’un grain de blé. Ce mélange est enfermé dans un vase poreux, ou simplement comprimé et aggloméré autour du prisme de charbon à l’aide d’un ciment spécial. Les couples qui n’ont pas de vase poreux sont de beaucoup préférables aux autres; ils sont plus énergiques et plus constants sous un même volume.

La pile se charge en versant dans le vase extérieur une solution concentrée de chlorhydrate d’ammoniaque, jusqu’aux deux tiers de sa hauteur environ.

Au moment où l’on ferme le circuit, on obtient la réaction suivante: l’eau est décomposée, l’oxygène de l’eau et le chlore se portent au pôle négatif (zinc) pour former de l’oxychlorure de zinc; tandis qu’au pôle positif, il reste en présence du peroxyde de manganèse et de l’ammonium, corps instable et combustible qui réduit le peroxyde à l’état de sesquioxyde en fournissant de l’eau et de l’ammoniaque libre. Cette ammoniaque est, à son tour, en partie dissoute, et vient avec l’oxychlorure de zinc, par une réaction secondaire, former des sels doubles. Nous n’avons pas ici à nous occuper de cette dernière action chimique, quoique intéressante.

Pour obtenir de bons résultats, certaines précautions sont à prendre: Il faut avoir soin de choisir un peroxyde de manganèse pur et bon conducteur de l’électricité; le meilleur est connu sous la dénomination de manganèse aiguillé; la dissolution de sel ammoniac doit toujours être employée concentrée. En mettant dans le vase un excès de sel, il entre en dissolution au fur et à mesure de l’usure. » (Gaiffe, s.d.)

² Segundo Mantell, a condutividade elétrica do despolarizador de MnO_2 é muito baixa, de modo que se junta carvão granulado para aumentar a condutividade da mistura. Mineral mais indicado: Pirolusite, que deve estar isento de metais.

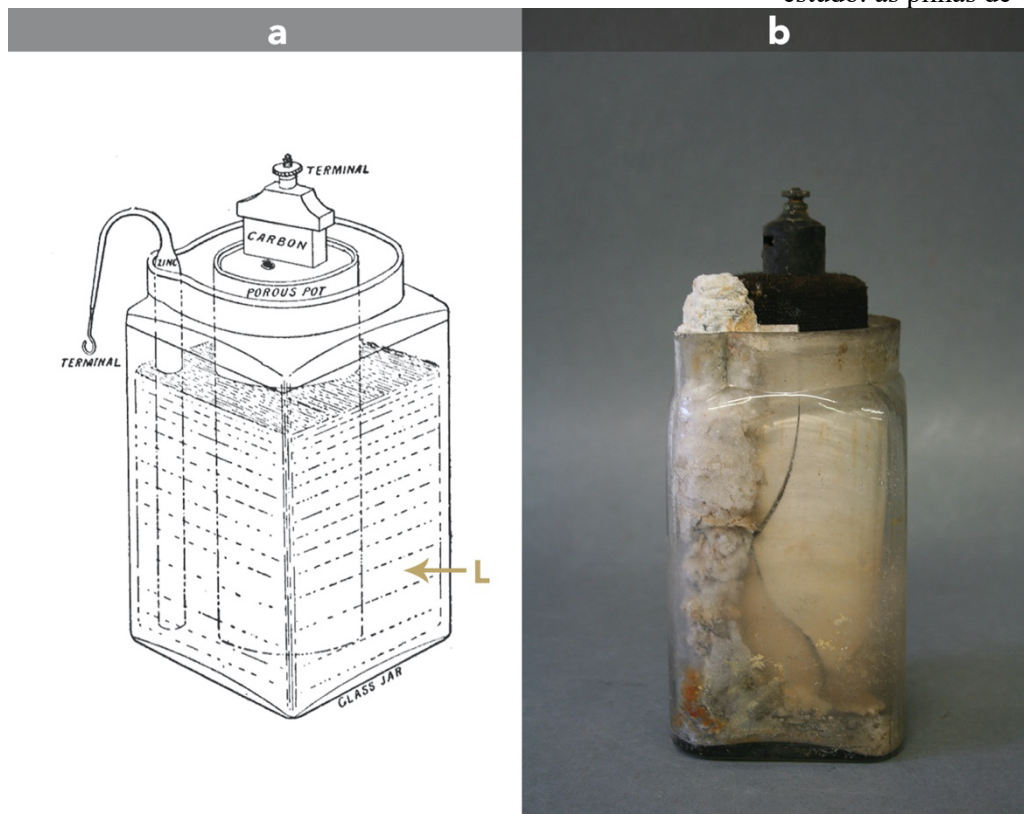


Figura 16: Pilha de Leclanché. a) *Glass jar* – frasco em vidro que no seu interior possui uma solução concentrada (*L*) de cloreto de amônio, uma barra de zinco (*zinc*) num dos extremos e no centro uma barra de carvão (*carbon*) envolta numa amálgama de dióxido de manganês comprimida no interior de um cilindro cerâmico (*porous pot*) encimada por um ligador em ebonite e um terminal em latão. (gravura retirada de <http://campanelli.fulminati.org/pile-2/>) b) Objeto do Museu do ISEP

No que toca às pilhas de Leclanché, são muitos mais os exemplares (*ver anexo D*) e entre eles há pequenas alterações. Considera-se que estas alterações estejam relacionadas com a evolução da própria pilha, mas não foi possível assegurar ao certo qual o seu enquadramento cronológico. A grande diferença entre os exemplares que o Museu do ISEP possui, é relativa ao invólucro interior, que separa os compostos líquidos da amalgama de dióxido de manganês e da barra de carvão. Nuns exemplares este invólucro é em tecido (11 no total), noutros é cerâmico (21 no total). Há ainda alguns conjuntos que não estão completos e um exemplar em exposição que tem o invólucro em cerâmica, na sala de Física.

Tal como as pilhas de Grenet, também estas surgem nos inventários, tanto no de 1938 como no de 1940, associadas à Sala nº5 que corresponde ao laboratório de Física, relativas à área de Eletricidade e Magnetismo. São vários os exemplares referidos e o valor unitário varia entre os 12 e os 18 escudos.³ Consideram-nos em bom estado de conservação e de origem que se ignora ou de aquisição (*ver anexo D*).

Na sua maioria os exemplares estão completos, ou seja, dentro de cada frasco de vidro, há uma barra de zinco e um invólucro (cerâmico ou em tecido), com o interior preenchido. Mas há também alguns elementos avulsos, por exemplo, frascos de vidro e invólucros cerâmicos vazios. Quanto ao seu estado de conservação, este está diretamente relacionado com a sua inutilização e claro, com o cumprimento da sua função. Estes exemplares encontram-se com muita sujidade, seja ela

³ O inventário de 1940 indica-nos também a presença de um outro tipo de pilha seca (1 caixa com 4 exemplares), mais evoluído, adquirido concretamente como peça integrante de um conjunto para Molinete de Gff, cujo valor foi de 500\$00. Pelo que se deduz que o preço por unidade *versus* a quantidade de exemplares necessários para a prática nas aulas justifique o uso continuado da pilha de Leclanché (*ver anexo E*)

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché superficial ou entranhada, que é principalmente visível pelas manchas amareladas que os frascos de vidro possuem. O interior de alguns dos frascos de vidro, para além de poeiras, possui também parte da amálgama de invólucros que já não estão completos ou que perderam a base e sais, vestígios das reações químicas e da evaporação dos solventes. A maioria dos ligadores apresenta produtos de corrosão ou sais, decorrentes das reações químicas. Há ainda fissuras nalguns frascos de vidro e nos invólucros cerâmicos. Por fim, ainda relativo aos frascos de vidro, há alguns que apresentam malformações como bolhas de ar, impurezas ou falhas e ainda, iridescência. A moderna pilha seca, utilizada hoje em dia, é uma evolução deste tipo de pilhas. Tinha-se como objetivo impedir o derrame do eletrólito. Para isso fizeram-se estudos e ensaios durante 20 anos de modo a considerarem diferentes absorventes e materiais de preenchimento (por exemplo, gesso de paris, serrim, celulose, entre outros) e em 1888, Gassner conseguiu criar uma caixa em zinco que servia simultaneamente de ânodo e invólucro, com uma barra de carvão envolta de uma mistura despolarizante coberta por um pano e o eletrólito em forma de geleia. Considera-se pilha seca porque o eletrólito fica contido numa matéria absorvente que impossibilita que se verta, independentemente da posição da pilha, mas por outro lado, um dos requisitos para que este tipo de pilha funcione é o facto de ser húmida. Para isso utilizam-se substâncias como agar-agar, gelatina ou farinha (Mantell, 1962).

3.2. Técnicas analíticas de diagnóstico

Mediante os aspetos focados, optou-se por três técnicas de análise: XRF (Fluorescência de raios x), FTIR (Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier) e XPS (Espectroscopia de Fotoeletrões de raios x). A metodologia foi pensada de forma a recolher-se o mínimo de amostra possível dentro do essencial necessário e claro, da forma exequível menos invasiva.

A primeira técnica utilizada foi a XRF. É uma técnica elementar, semi-quantitativa, que permite analisar superfícies metálicas e não metálicas *in situ* e *ex situ*. Para tal, utilizou-se o espectrómetro portátil Thermo Scientific NITON XL3t – 900 GOLDD (*Geometrically Optimized large Drift Detector*) equipado com um alvo de prata (Ag) e um detetor SDD (*Silicon Drift Detector*) de 25 mm² com uma resolução de 145 eV. As áreas de interesse foram localizadas com câmara de cor integrada CCD e um colimador integrado de 3 mm. Os pontos de amostragem foram analisados em triplicado, usando o modo de minas, durante um período total de 180 segundos. A informação obtida pelo XRF portátil é posteriormente descarregada através do software Standar Thermo Scientific™ Niton Data Transfer (NDT™).

Para a análise, tal como foi referido anteriormente, utilizaram-se dois métodos: (1) *in situ*, direcionando o XRF portátil para a superfície a analisar (que deve ser o mais plana possível); e (2) *ex situ*, que implicou a recolha da amostra e posterior moagem com um almofariz para homogeneização do tamanho das partículas. Colocação da amostra homogeneizada num recipiente preenchido com algodão, papel-filtro e selado com um filme de polipropileno de 6,5 µm (1/4 mil) de espessura.

Para as análises de FTIR utilizou-se um espetrofotómetro da marca Thermo Electron Corporation, Nicolet 6700, controlado através do Software Omnic 8.

As amostras foram trituradas e misturadas com brometo de potássio (1 mg de amostra para 200 mg de KBr) para produzir pastilhas, que foram analisadas diretamente. Os espectros foram recolhidos entre 4000 e 400 cm⁻¹ e para cada análise foram efetuados 16 varrimentos.

Por fim, para as análises por XPS, foi utilizado o espectrómetro Physical Electronics PHI 5701, com uma radiação Al K α não monocromática (300 W, 15 kV, $h\nu = 1486.6$ eV), como fonte de excitação. Os espectros foram registados por um analisador hemisférico concêntrico num ângulo

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché de 45°, operando no modo de energia de passagem constante a 25,9 eV, utilizando uma área de análise de 720 mm de diâmetro. Nestas condições a linha Au 4f_{7/2} foi registada com 1,16 eV FWHM a uma energia de ligação de 84,0 eV. A escala de energia do espectrómetro foi calibrada utilizando as linhas de fotoelétrons Cu 2p_{3/2}, Ag 3d_{5/2} e Au 4f_{7/2} em 932,7, 368,3 e 84,0 eV, respetivamente. A referência de carga foi feita contra carbono adventício (C1s 284,8 eV). As amostras foram colocadas num porta-amostras sem fita adesiva e mantidas durante a noite em alto vácuo na câmara de preparação antes de serem transferidas para a câmara de análise do espectrómetro. Cada região foi analisada com vários varrimentos até que fosse observada uma boa relação sinal-ruído. A pressão da câmara de análise foi mantida abaixo de 10⁻⁹ Torr. A análise dos dados foi efetuada no software PHI ACCESS ESCA-V6.0 F. Os espectros registados foram ajustados com curvas de Gauss-Lorentz para determinar com mais precisão a energia de ligação dos diferentes níveis do núcleo do elemento. A precisão dos valores de energia de ligação (BE's) estava dentro de ± 0,1 eV.

3.3. Resultados das análises dos materiais das pilhas

3.3.1. Pilhas de Grenet

3.3.1.1. Pontos de amostragem

Na figura 17 estão identificados os materiais que foram analisados na pilha de Grenet.



A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Figura 17: Pontos de amostragem na pilha de Grenet para análise. A seta representada na imagem a, indica que a amostra foi recolhida no interior do invólucro de vidro. Esta amostra foi analisada por FTIR. As imagens b, c e d, representam os pontos de amostragem utilizando o equipamento portátil de XRF e cujos resultados se encontram na Tabela 4.

3.3.1.2. Resultados analíticos

Tabela 4. Resultados de XRF dos pontos de amostragem da Pilha de Grenet. Os valores encontram-se normalizados a 100% (percentagem em peso). Apresentam-se os elementos cujas percentagens tenham valores superiores a 0,1% na semi-quantificação.

Elementos	Eb1	Br1	Zn1	Crv1	Crv2
Bal	95.951 ± 0.403	14.518 ± 6.438	23.821 ± 4.810	91.209 ± 0.439	93.550 ± 0455
Sn	0.007 ± 0.001	0.120 ± 0.011	0.009 ± 0.004	-	-
Cd	0.002 ± 0.001	0.017 ± 0.003	0.132 ± 0.007	-	-
Pd	-	-	0.006 ± 0.001	-	-
Ag	-	0.032 ± 0.007	0.029 ± 0.005	-	-
Mo	-	-	0.013 ± 0.001	-	-
Nb	-	0.020 ± 0.002	-	-	-
Sr	-	-	0.016 ± 0.001	-	-
Rb	-	-	0.003 ± 0.001	-	-
As	0.007 ± 0.001	-	0.101 ± 0.018	0.005 ± 0.001	0.010 ± 0.001
Au	-	0.068 ± 0.013	-	-	-
Pb	0.126 ± 0.001	0.538 ± 0.034	4.068 ± 0.152	-	0.021 ± 0.001
W	-	-	3.317 ± 0.190	-	-
Zn	0.430 ± 0.003	32.732 ± 1.169	32.839 ± 0.953	0.118 ± 0.001	0.073 ± 0.001
Cu	0.075 ± 0.001	49.008 ± 1.659	-	0.052 ± 0.001	0.039 ± 0.001
Ni	-	0.261 ± 0.010	-	-	-
Sb	-	-	0.010 ± 0.004	-	-
Fe	0.373 ± 0.005	0.172 ± 0.009	0.224 ± 0.013	0.528 ± 0.006	0.231 ± 0.004
Cr	0.287 ± 0.002	-	25.440 ± 0.581	3.262 ± 0.018	2.565 ± 0.014
V	-	-	0.099 ± 0.008	-	-
Ti	0.004 ± 0.001	-	-	-	0.008 ± 0.001
Ca	0.313 ± 0.004	0.194 ± 0.012	-	0.381 ± 0.009	0.032 ± 0.004
K	0.067 ± 0.003	0.156 ± 0.014	8.797 ± 0.150	2.428 ± 0.022	1.088 ± 0.013
Al	0.133 ± 0.041	-	-	0.231 ± 0.044	-
P	0.019 ± 0.009	-	-	-	-
Si	1.003 ± 0.034	0.500 ± 0.068	0.182 ± 0.053	0.712 ± 0.028	0.309 ± 0.023
Cl	0.136 ± 0.004	0.815 ± 0.028	0.129 ± 0.012	0.020 ± 0.003	0.026 ± 0.003
S	1.063 ± 0.027	0.808 ± 0.058	0.719 ± 0.059	1.049 ± 0.015	2.037 ± 0.022
Ba	-	-	0.027 ± 0.011	-	-

(-) < LOD, abaixo do limite de deteção.

(*) Balanço, representa os elementos leves da amostra que não foram considerados para a semi-quantificação.

Perante os resultados obtidos é possível comprovar a composição dos materiais listados nos manuais técnicos e catálogos. No caso da pilha de Grenet (na Tabela 4), observa-se que os sais formados no seu interior (Figura 17a) são constituídos por Cr (28,4%) e K (23,1%), ambos representativos do dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇), as percentagens obtidas foram inferiores às estequiométricas o que indica a presença de outros elementos para além dos que constituem o

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché dicromato de potássio. Na análise da placa (ver Figura 17d), nas amostras Crv1 (3,3 % Cr; 2,4 % K) e Crv2 (2,6 % Cr; 1,1 % K) observa a presença dos elementos constituintes do dicromato de potássio e que ocorrem por evaporação do solvente aquoso e cristalização de sais nas superfícies. Também se observa a presença de enxofre (2 % S) na amostra Crv1, podendo ser indicativo de vestígios residuais de ácido sulfúrico (H_2SO_4), constituinte típico neste tipo de pilhas. O mesmo ocorre no ponto de amostragem representado na Figura 17c, onde é possível identificar o Zn (32,8 %), característico da barra de zinco, conjuntamente com os elementos constituintes dos depósitos de dicromato de potássio (25,4 % Cr; 8,8 % K). Outra comprovação ocorreu na identificação da componente metálica da pilha (amostra Br1_ ver Figura 17b) que é constituída por Zn (32,7 %) e Cu (49 %), ambos elementos identificativos do latão. Em relação à amostra Eb1 (ver Figura 17b) não é possível identificar os elementos característicos do que se pensa ser ebonite, tais como carbono e oxigénio, devido às limitações de deteção do equipamento de XRF.

3.3.1.3. Discussão de resultados

Os resultados possíveis obtidos por XRF vieram confirmar a bibliografia consultada. Esta informação veio também confirmar que o material do interior tem um nível de toxicidade muito elevado, pelo que tem de ser considerado na elaboração do plano de intervenção.

Durante a obtenção das amostras, percebeu-se que as garrafas de vidro de ambas as pilhas estavam partidas. Em relação à MPL4060OBJ, foi fácil proceder à recolha, embora tivesse muito pouca quantidade disponível para recolher. Em relação à MPL4061OBJ, ao não ser possível remover a estrutura metálica, foi muito mais difícil aceder ao interior do invólucro e recolher a amostra. Como o material que se encontra no interior é um tanto pastoso, pensou-se em diluir um pouco para ser mais fácil recolher a amostra. Assim, numa hotte, procedeu-se à introdução de água destilada à temperatura ambiente no interior da garrafa de vidro. Embora a operação fosse feita numa cabine com aspiração, quase de imediato foi possível perceber que o ambiente tinha alterado, foi sentida uma sensação desagradável na garganta e nos olhos uma sensação de ardência. Portanto, de forma empírica foi possível constatar que o que quer que seja o material que está no interior da garrafa, não está estável e basta uma alteração na humidade relativa para influenciar o ambiente envolvente. Por outro lado, foi possível identificar mais fissuras na garrafa de vidro, por causa da saída de líquido. No dia seguinte à tentativa de recolha de amostras, eram visíveis os sais formados ao longo das fissuras de tonalidade laranja.



Figura 18: Registo fotográfico dos sais através das fissuras após tentativa de recolha de amostra na pilha de Grenet, Guilhermina Cadeco ©

Deu-se seguimento à preparação das amostras cujo processo está descrito anteriormente, no ponto metodologia.

Apesar das análises terem sido produzidas, durante o processo de interpretação, reformulou-se a estratégia. No caso das pilhas de Grenet, concluiu-se que já se tinha feito a identificação dos materiais constituintes e que durante a amostragem se confirmou que a estabilidade dos materiais era muito volátil, pelo que se optou por passar à próxima fase. Mais importante do que aprofundar os conhecimentos sobre os materiais, tornou-se evidente que era fundamental criar um plano de intervenção, fosse de limpeza ou acondicionamento.

3.3.1.4. Proposta de intervenção

Após a formulação e reformulação de possíveis estratégias de intervenção, chegou-se à conclusão de que uma limpeza eficaz em ambas as pilhas seria muito complexa, principalmente no que toca à MPL6041OBJ, por dois motivos muito concretos. O primeiro, por causa da toxicidade que o material no seu interior apresenta e a dificuldade que existe no seu descarte. Para a remoção integral do seu interior, ter-se-ia que fazer uso de uma grande quantidade de água o que não se justifica, assim como a impossibilidade de limpeza correta da estrutura metálica que se encontra no seu interior. Por outro lado, o formato da garrafa e o facto de ambas se encontrarem bastante fissuradas levou a que se apresentasse um plano de acondicionamento. Esta ideia surgiu porque se tornou claro que não havendo qualquer alteração quanto à humidade relativa, estando elas isoladas numa estrutura estanque, ambas as pilhas estão estáveis. Acima de tudo, também se teve em conta que há um modelo em exposição (pelo que o Museu continua a poder cumprir a sua função) e estes elementos não serão descartados, logo estarão disponíveis para estudo.

A forma mais simples de pôr este plano em prática será através do uso de uma caixa hermética para cada uma das pilhas (em separado, portanto), mas transparentes para que seja possível verificar rapidamente o conteúdo e também identificar qualquer hipotética alteração que possa ocorrer.

3.3.2. Pilha de Leclanché

3.3.2.1. Pontos de amostragem

A metodologia aplicada já foi referida, e neste caso em concreto, fizeram-se análises recorrendo às três técnicas apresentadas (XRF, FTIR e XPS).

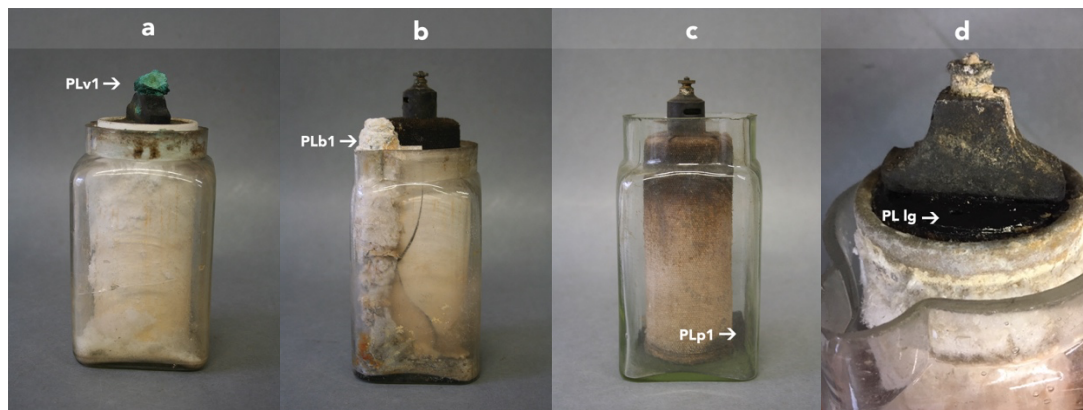


Figura 19: Pontos de amostragem em várias pilhas de Leclanché para análise. As imagens a, b e c representam as recolhas de amostra que foram analisadas em XRF. O ponto de amostragem representado em a foi ainda analisado por FTIR e XPS e o ponto representado em c foi analisado por XPS. O ponto de amostragem representado em d foi analisado com o analisador portátil de XRF.

No que concerne à pilha de Leclanché (resultados obtidos por XRF na Tabela 5), foi possível identificar uma grande quantidade de elementos que se identificam como sais (Figura 19b) no interior do involucro vítreo e à superfície de determinados materiais. Os resultados da amostra PLb1 comprovam a composição da solução eletrolítica através dos elementos Zn (42,0 %) e Cl (21,4 %), indicando a presença de cloreto de zinco e cloreto de amónio nas soluções iónicas originais. A amostra representada em Figura 19d (aparentemente uma resina) não foi possível identificar pela mesma razão da amostra EB1 (ver Figura 17b).

As amostras representadas em Figura 19a e Figura 19c foram alvo de uma análise mais detalhada por FTIR e XPS porque a primeira ocorre como resultado da corrosão do cobre e a segunda surge como necessidade do estudo de preservação da grafite, apesar dos materiais grafiticos terem uma elevada resistência à corrosão química.

3.3.2.2. Resultados analíticos

Tabela 5. Resultados de XRF dos pontos de amostragem da Pilha de Leclanché. Os valores encontram-se normalizados a 100% (percentagem em peso). Apresentam-se os elementos cujas percentagens tenham valores superiores a 0,1% na semi-quantificação.

Elementos	PL v1	PL b1	PLp1	PLlg
Bal	31.975 ± 6.477	34.284 ± 6.614	65.320 ± 1.517	92.543 ± 0.839
Sn	0.361 ± 0.017	0.700 ± 0.028	-	0.003 ± 0.001
Cd	0.009 ± 0.002	0.009 ± 0.002	-	-
Ag	0.026 ± 0.005	0.018 ± 0.005	0.006 ± 0.002	-
Mo	0.011 ± 0.001	-	-	-
Nb	0.036 ± 0.002	-	-	-
Sr	-	-	0.007 ± 0.001	-
Rb	-	-	-	0.008 ± 0.001
As	0.070 ± 0.010	-	0.004 ± 0.001	0.003 ± 0.001
Se	-	0.004 ± 0.001	-	-

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Au	0.030 ± 0.008	0.032 ± 0.008	0.008 ± 0.002	-
Pb	0.864 ± 0.034	0.120 ± 0.007	0.023 ± 0.001	0.009 ± 0.001
Zn	15.957 ± 0.385	42.022 ± 0.998	2.416 ± 0.028	0.223 ± 0.002
Cu	33.093 ± 0.770	-	0.007 ± 0.001	-
Ni	0.027 ± 0.005	-	0.014 ± 0.002	-
Sb	0.012 ± 0.004	-	-	-
Fe	0.460 ± 0.012	0.084 ± 0.006	0.841 ± 0.018	0.008 ± 0.003
Mn	-	0.022 ± 0.006	25.457 ± 0.171	-
Cr	-	0.009 ± 0.003	-	-
V	-	-	0.050 ± 0.003	-
Ti	-	0.004 ± 0.001	0.079 ± 0.003	0.006 ± 0.001
Ca	0.212 ± 0.013	0.075 ± 0.011	0.081 ± 0.006	0.149 ± 0.008
K	0.024 ± 0.011	-	0.039 ± 0.008	5.130 ± 0.031
Si	0.318 ± 0.074	0.288 ± 0.079	1.022 ± 0.049	0.872 ± 0.046
Cl	15.983 ± 0.266	21.408 ± 0.349	2.180 ± 0.023	0.661 ± 0.012
S	0.500 ± 0.093	0.882 ± 0.106	2.089 ± 0.031	0.297 ± 0.015
Ba	0.025 ± 0.011	-	0.198 ± 0.006	-

(-) < LOD, abaixo do limite de deteção.

(*) Balanço, representa os elementos leves da amostra que não foram considerados para a semi-quantificação.

3.3.2.2.1. Caracterização do produto de corrosão verde

As pilhas em estudo demonstram a necessidade de serem intervencionadas devido ao seu atual estado de conservação. Foram identificados numa das pilhas de Leclanché produtos de corrosão provenientes da degradação do latão (Figura 19a). O produto de corrosão apresenta uma tonalidade esverdeada clara, com aspeto pulverulento, mas compacto. Deste modo, procedeu-se à minuciosa recolha do produto de corrosão esverdeado e efetuou-se uma análise da amostra por FTIR (Figura 20).

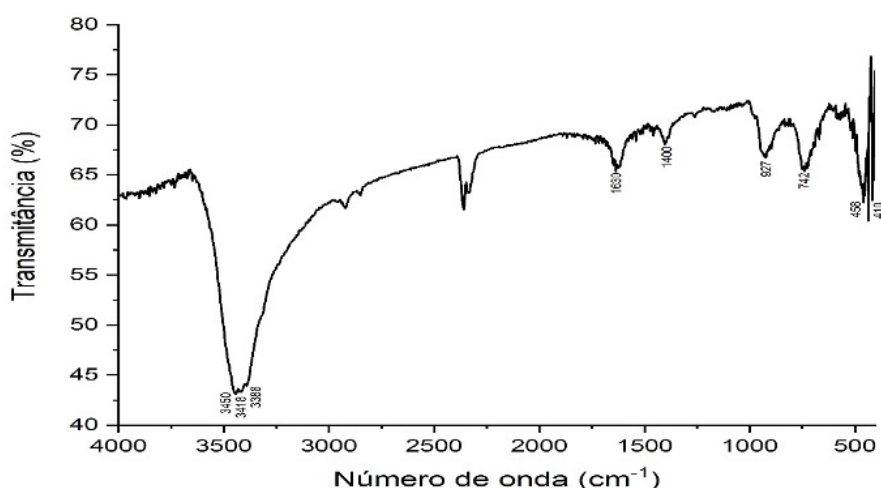
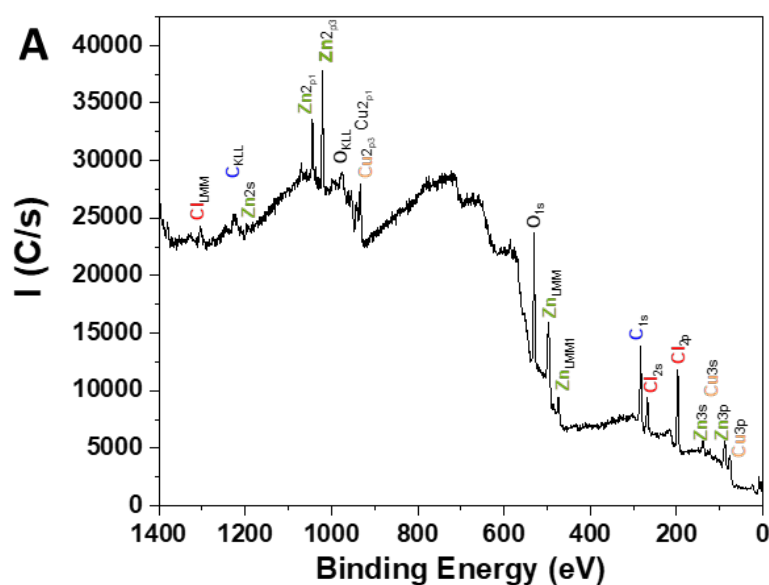


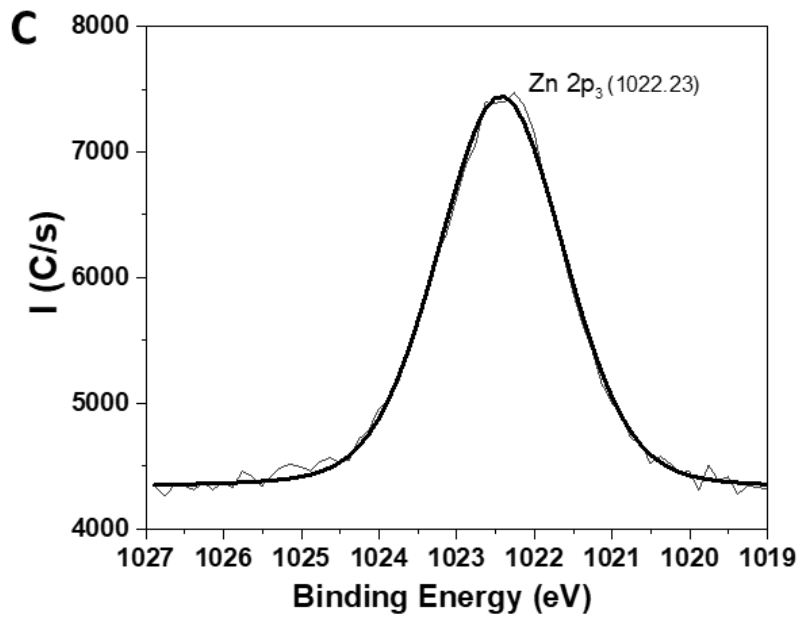
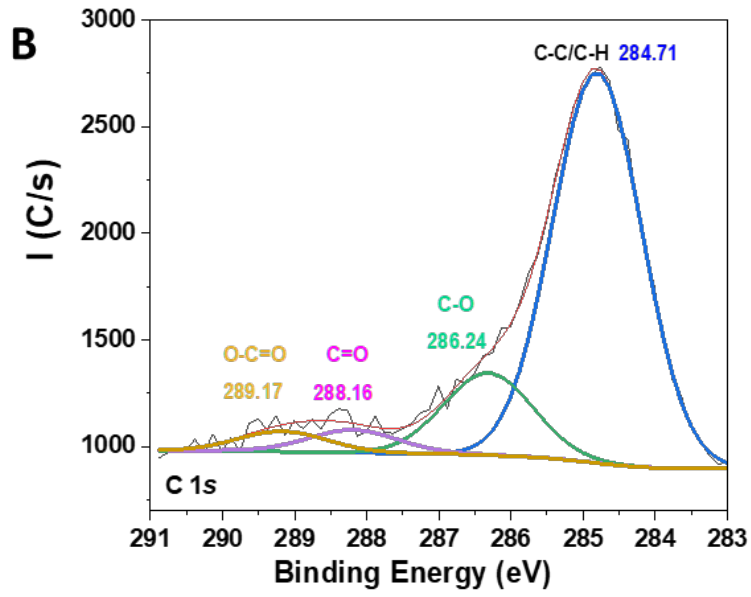
Figura 20: Espectro FTIR do produto de corrosão esverdeado (Figura 19a).

Para a mesma amostra foi também efetuada uma análise por XRF (Tabela 5) onde foram identificados três elementos com percentagens acima dos 10 %, entre eles o zinco (16 %), o cobre (33,1 %) e o cloro (16 %). Em relação ao espectro FTIR foi possível identificar o estiramento do grupo -OH entre os 3450-3388 cm⁻¹. Os números de onda 1630 cm⁻¹ e 742 cm⁻¹ indicam a presença

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché moléculas de água com deformações angulares no plano (dobramento angular e balanço, respetivamente). As bandas de transmissão entre os $1660\text{-}1550\text{ cm}^{-1}$, $1450\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$ e $950\text{-}920\text{ cm}^{-1}$ podem indicar a presença de grupos -CO_3 (carbonato). Finalmente, os picos que surgem a números de onda de 458 cm^{-1} e 410 cm^{-1} podem ser o resultado de modos vibracionais correspondentes ao estiramento do Cu-O e Cu-Cl , respetivamente (Frost, 2002).

A esta amostra foi também efetuada a análise por XPS e na Figura 21.A, onde se \pm indicam todos os elementos detetados e sua concentração: C 1s (42,01 %); O 1s (29,56 %); Cl 2p (13,19 %); Cu 2p3 (8,11 %) e Zn 2p3 (7,14 %). Depois da análise de alta resolução dos elementos encontrados, obteve-se o sinal do C1s que após deconvolução se divide em 4 componentes: o sinal a 284,71 eV (75,07 %) atribuída a ligações C-C/C-H; a 286,24 eV (15,67 %) atribuída às ligações éteres, álcoois (C-O); a 288,16 eV (5,55 %) aos grupos carbonilos C=O e ao sinal a 289,17 eV (3,71 %) correspondente aos grupos carboxilatos O-C=O (Figura 21.B). Ao contrário do XRF, o XPS é uma técnica quantitativa de análise superficial (até 10 nm). O resultado obtido para a percentagem de C 1s, pode aparentar ser muito superior ao esperado. No entanto, a possível explicação deste resultado pode assentar na contaminação da amostra por se tratar de uma amostra recolhida em pilhas envelhecidas e acondicionadas sem nenhum tipo de cuidado especial. Na literatura, pode-se encontrar referências sobre a contaminação de amostras expostas ao ar, resultando em percentagens superiores ao esperado em relação ao carbono adventício (s.n, 2020). O sinal correspondente ao Zn a 1022,23 eV é compatível com o sinal de um óxido de zinco (ZnO) (Figura 21.C), como demonstra o sinal Auger a 985 eV (Figura 21.D). Tratando-se de um produto de corrosão formado na superfície do latão, verificou-se que o Cu se encontra na forma oxidada Cu (II), como comprova a Figura 21.E, a 935 eV que é atribuído ao sinal Cu $2p_{3/2}$.





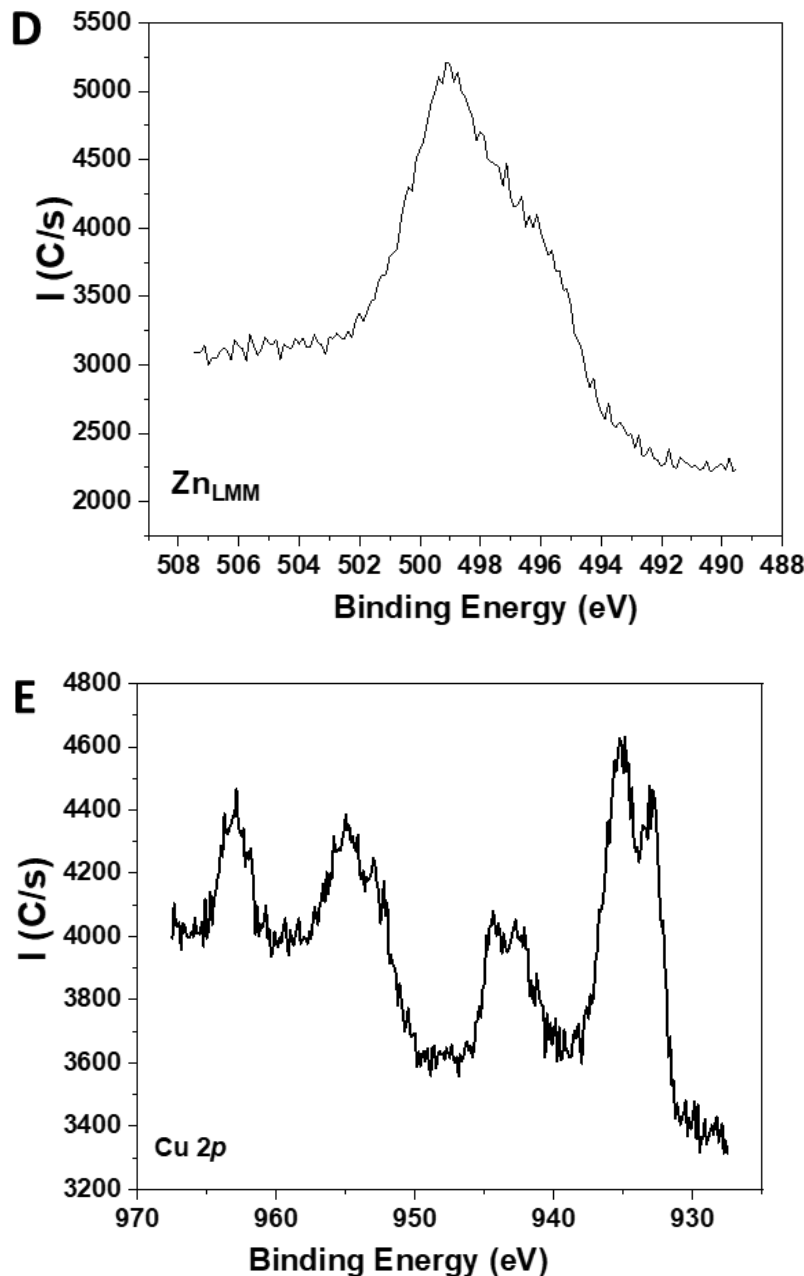


Figura 21. (A) Espectro XPS geral da amostra PL_v1 (B) Espectro de elevada resolução do C 1s; (C) Zn 2p; (D) Espectro Auger ZnLMM do elemento Zn, e (E) Espectro de elevada resolução do Cu 2p.

Perante os resultados obtidos pelo FTIR e XPS pode-se concluir que o produto de corrosão verde poderá ser constituído por uma complexidade de compostos de cobre oxidados tais como a malaquite ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), atacamite ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$) e/ou erioalcite ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Buse, 2019; Frost, 2002; Martens, 2003).

3.3.2.2.2. Análise do estado de oxidação da grafite

Na pilha de Leclanché foi analisado o estado de oxidação da grafite por XPS. Esta técnica serviu também para suprimir a limitação da análise feita por XRF, dado que o XRF não apresenta resultados qualitativos para elementos leves tais como carbono, azoto e oxigénio. O XPS trata-se de uma técnica orientada para a caracterização química de superfícies (até 10 nm). No entanto, a amostra analisada foi previamente homogeneizada, garantindo desta forma uma maior representatividade dos resultados obtidos. A Figura 21 representa o espectro geral, onde se

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché observam todos os elementos detetados e a sua respetiva concentração: C 1s (60,79 %); N 1s (3,33 %); O 1s (29,56 %); Si 2p (2,71 %); Cl 2p (3,25 %); Mn 2p (1,56 %) e Zn 2p3 (4,49 %). Este resultado demonstra a presença de elementos químicos exógenos à génese da grafite tais como o cloro e o azoto provenientes da solução eletrolítica de cloreto de amónio. O manganês através do cátodo de dióxido de manganês e o zinco proveniente do involucro anódico de zinco. Depois da análise de alta resolução dos elementos encontrados, procedeu-se à deconvolução do sinal obtido para o C1s em 4 componentes: (i) o sinal a 284,69 eV (73,71 %) atribuída a ligações C-C/C-H; (ii) a 286,33 eV (15,98 %) relativa a grupos funcionais éteres, álcoois C-O; (iii) a 287,95 eV (6,36 %) correspondente aos carbonilos C=O; e (iv) o sinal a 289,50 eV (3,95 %) atribuída aos grupo carboxilato O-C=O (Figura 6.A). Estes resultados corroboram com a composição química da grafite. Em comparação com grafite oxidada, pode-se encontrar na literatura (Liang, 2020) uma razão próxima de 1:1 em relação ao núcleo grafítico (C-C/C-H) e a soma dos carbonos oxidados (C-O, C=O e O-C=O). Neste caso observa-se que essa razão se situa próxima de 3:1, indicando uma boa preservação da grafite utilizada na pilha. O sinal correspondente ao Mn 2p_{3/2} a 642,1 eV é compatível com o estado de oxidação do MnO₂. O sinal correspondente ao Zn 2p_{3/2} a 1022,1 eV é compatível com um óxido (ZnO) e que pode ser comprovada pelo sinal de Auger a 987,5 eV (Zn_{LMM}). O sinal correspondente ao N1s a 400,4 eV é coerente com a solução eletrolítica de cloreto de amónio. O sinal do Si2p a 103,0 eV indica a presença de SiO₂ que pode ser entendido como um subproduto da síntese da grafite a partir da combustão de biomassa (Liang, 2020), visto que os produtos usados na época não seriam totalmente puros.

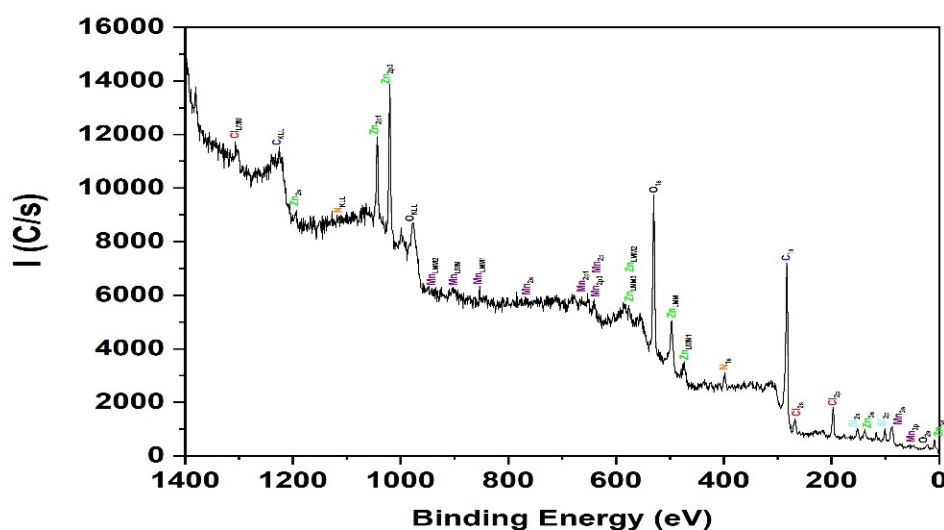


Figura 22: Espectro XPS geral da amostra PLp1.

3.3.2.3. Discussão de resultados

Tal como aconteceu com as pilhas de Grenet, também as análises feitas aos materiais recolhidos das pilhas de Leclanché confirmam as informações que existem na bibliografia consultada. Seja ela manuais ou catálogos contemporâneos das pilhas. Esta confirmação foi obtida através da identificação dos materiais existentes ou seus produtos de corrosão. Verificou-se ainda através das análises que a grafite se encontra em bom estado de conservação e que os constituintes em estado líquido evaporaram na totalidade ou permanecem de forma vestigial através dos seus sais. Desta forma, pode-se deduzir que os materiais remanescentes se encontram estáveis pelo que se depreende que uma remoção dos sais, único elemento que poderá alterar-se mediante a presença

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché de humidade, e uma limpeza dos produtos de corrosão poderá promover uma vida mais longa e estável a estes exemplares.

Da mesma forma, poder-se-á também depreender pelo número de exemplares ainda existentes e pelo estado em que os mesmos se encontram que estas peças tiveram mesmo muita utilidade.

3.3.2.4. Proposta de intervenção

Como referido no ponto anterior, estas pilhas estão numa situação distinta das de Grenet. Há bastantes mais exemplares e estão estáveis tal como estão. O aspeto não é o mais apelativo, mas a verdade é que o número é considerável para se intervencionar, neste momento, todos os exemplares. Portanto, decidiu-se fazer esta intervenção faseadamente, mediante a disponibilidade que o plano de atividades anual do Museu permita.

Ainda assim, foram desenvolvidos vários testes para se conseguir obter a melhor limpeza para o invólucro vítreo. Isto porque este invólucro, apesar de na maioria dos exemplares se encontrar em bom estado, possui, na generalidade, manchas amareladas ou esbranquiçadas, de difícil remoção e o próprio vidro, nalguns exemplares, apresenta iridescência. A degradação do vidro é perfeitamente justificável pelo contacto com ácidos como aconteceu neste caso e decorrente das reações químicas, que provocaram estas alterações.

Inicialmente, optou-se por fazer testes de limpeza com materiais comumente utilizados em conservação e restauro. O gel foi o meio escolhido por parecer ser a forma mais prática devido ao formato do invólucro. Selecionou-se a Carboximetilcelulose (CMC), que estava disponível em quantidade suficiente e cumpria a função a que se propunha. Em cada uma das faces do invólucro vítreo testaram-se as seguintes soluções: 1) CMC apenas; 2) CMC com peróxido de hidrogénio a 97%; 3) CMC com ácido cítrico e, por fim, 4) CMC com EDTA Dissódico. O vidro ficou mais transparente, demonstrando que em todos foi removida alguma sujidade, mas as manchas mantiveram-se inalteradas, ficando a limpeza aquém do que se pretendia.

As manchas amareladas ou esbranquiçadas, têm na sua origem o manganês. As manchas resultantes do manganês são encontradas com pouca frequência em bens culturais por variados motivos. Por isso, a limpeza deste tipo de manchas é um assunto ainda pouco estudado e o objetivo em toda a intervenção foi sempre utilizar os meios menos invasivos e poluentes possíveis. Assim, de modo a desenvolver uma metodologia e um gel de limpeza de origem verde, optou-se por procurar, juntamente com outro caso de estudo⁴ de origem semelhante, mas de coloração distinta, soluções para atingir os resultados pretendidos (Campos, 2021).

A limpeza de manchas desta natureza é feita normalmente recorrendo a soluções de ácido oxálico (Uchida, 2016). A toxicidade característica e a degradação consequente, fez com que se procurasse uma solução alternativa. Após vários testes, produziu-se um gel com base em quitosano, dióxido de tioureia e ácido fosfórico. Rapidamente foi possível perceber, que a olho nu, que os resultados pareciam ser superiores ao esperado. Associado a esta ideia, mas numa tentativa de a confirmar, pensou-se em formas para comprovar se que o que se via correspondia à realidade e que realmente a limpeza era factual.

Recorreu-se à fotografia. Fez-se o registo fotográfico antes da aplicação do gel com um cartão branco colocado no interior do frasco de vidro, de forma que a fotografia apenas focasse uma face do frasco de cada vez (para não haver interferência por causa da transparência). Após a aplicação

⁴ Estudo desenvolvido no âmbito do projeto BIO4MURAL <https://ciencia.ucp.pt/pt/projects/innovative-biotechnology-solutions-for-black-stains-removal-and-p>

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché do gel e conseqüente limpeza, fez-se novo registo fotográfico, repetindo as mesmas condições, (colocação do cartão branco no interior do invólucro para evitar a interferência das outras faces). Para apurar ainda com mais precisão a veracidade do registo, escolheram-se dois pontos por imagem, exatamente na mesma posição para fazer a comparação dos valores na escala de RGB. A máquina utilizada para esta metodologia foi uma Canon 5D Mark II com as seguintes definições: ISO 640; lente de 50 mm; F/2,8; 1/100s; com balanço de brancos a 3650°K e tom 28+. A leitura dos valores da escala RGB nos pontos escolhidos foi feita através do programa Photoshop.

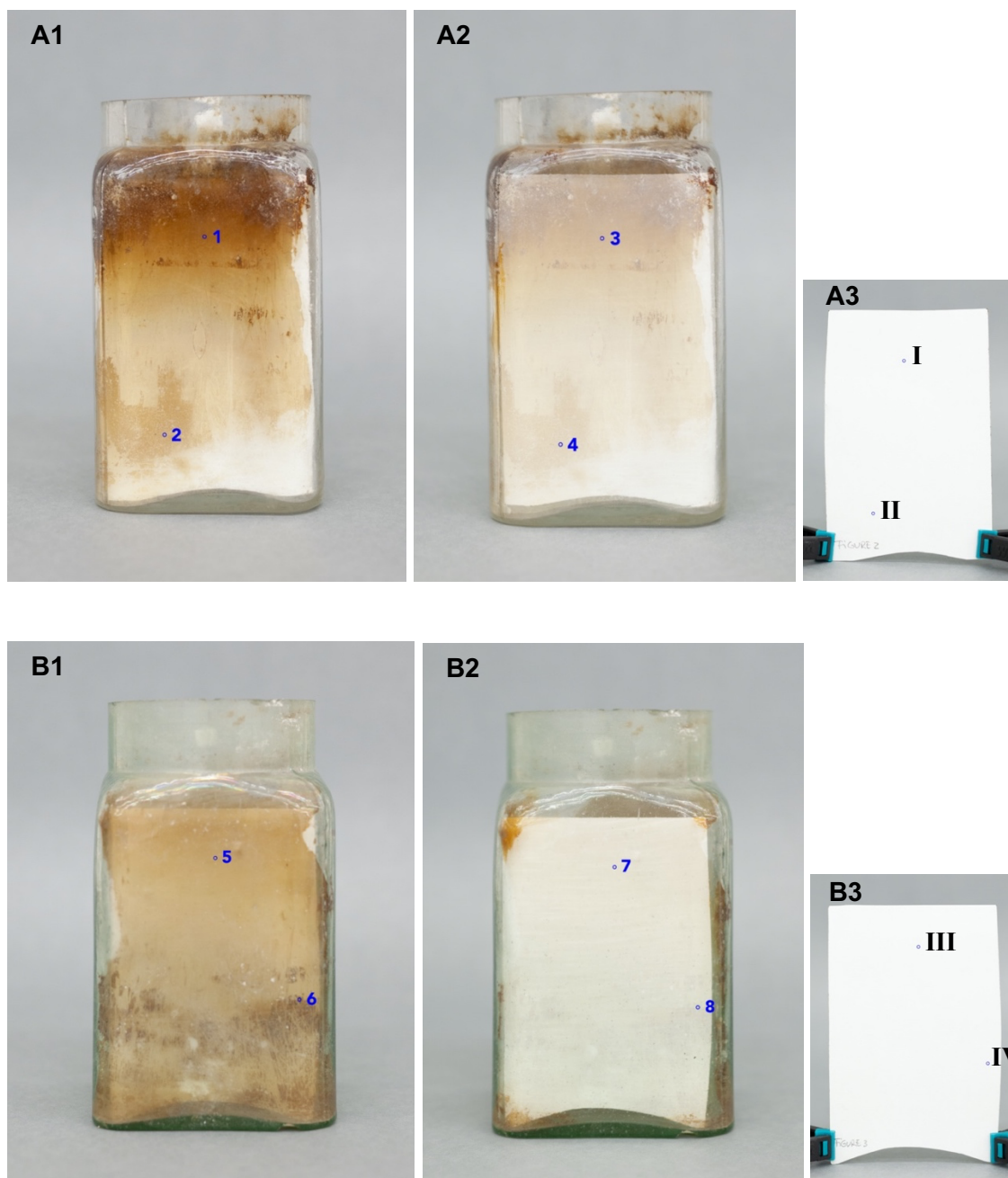


Figura 23: As imagens A e B representam dois frascos de vidro de duas pilhas de Leclanché distintas. As imagens A1 e B1 registam o antes e as imagens A2 e B2, o depois da limpeza. As imagens A3 e B3 registam os cartões utilizados no interior dos frascos. Os 12 pontos assinalados (de 1 a 8 e de I a IV) representam os pontos de comparação dos valores em RGB, apresentados na tabela seguinte. De notar que os pontos de I a IV são utilizados apenas como referência para comparação na escala RGB. Utilizou-se assim, a seguinte fórmula para calcular a magnitude do vetor:

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

$$|v|_l = ((R_l - R_i)^2 + (G_l - G_i)^2 + (B_l - B_i)^2)^{1/2}$$

Tabela 6: Na tabela estão representados os valores 1, 2, 5 e 6 antes da limpeza e 3, 4, 7 e 8 depois da limpeza. R corresponde a Red (vermelho), G corresponde a Green (verde) e B a Blue (azul); $|v|_{ac}$ corresponde a magnitude do vetor antes da limpeza e $|v|_{bc}$ corresponde a magnitude do vetor depois da limpeza.

Pontos	R	G	B	$ v $	$ v _{bc}/ v _{ac}$
1	150	89	26	292	0.40
3	209	185	159	117	
I	249	249	249		
2	209	173	124	146	0.42
4	229	216	194	62	
II	246	246	245		
5	195	162	110	171	0.26
7	233	227	212	44	
III	248	248	248		
6	133	99	70	256	0.28
8	211	209	195	72	
IV	246	247	245		

Os pontos 1, 3; 2, 4; 5, 7 e 6, 8 são comparados com os pontos de referência I, II, III e IV respetivamente através da escala de RGB. Os valores apresentados em $|v|$, sendo altos são indicativos de maior sujidade e sendo baixos são indicativos de maior limpeza. Em suma, um valor baixo fruto da correlação entre $|v|_{ac}$ e $|v|_{bc}$ é indicativo de maior eficiência na limpeza, o que demonstra a eficácia do gel produzido.

3.4. Refuncionalização de uma pilha de Leclanché

Uma vez que um dos propósitos do Museu do ISEP é aproximar a comunidade às coleções e dar ênfase às origens e funções das peças que alberga, pareceu natural tentar-se replicar o funcionamento de uma das pilhas. Esta ideia foi amadurecida e optou-se até por fazer desta iniciativa uma atividade do museu entre outras, em jeito de celebração do aniversário do próprio museu ao longo do ano letivo de 2021/2022.

Para isso, começou-se por analisar a quantidade de peças que existem ao dispor e quais os materiais necessários. Em paralelo, considerou-se também, inevitavelmente, o impacto desta atividade nas peças escolhidas. Ainda assim, pareceu possível arriscar-se, tendo em conta o número de exemplares existentes e que, uma vez consumidos todos os componentes, as questões de conservação são em tudo semelhantes às das restantes peças. Escolheram-se então, duas pilhas: uma com o invólucro em cerâmica e outro com o invólucro em tecido.

Fez-se uma atualização da pesquisa dos materiais necessários e uma verificação dos materiais que não se iam substituir, ou seja, os materiais sólidos, que não evaporaram com a produção de energia. Reutilizaram-se os invólucros em vidro, desenvolvendo a limpeza que já foi referida no ponto anterior. Reutilizaram-se também os invólucros em material poroso (cerâmica e tecido), com a amalgama de dióxido de manganês compactada juntamente com a barra de carvão no interior e o ligador em ebonite e metal. Nos metais fez-se a remoção e limpeza dos produtos de corrosão com um banho de EDTA e nos materiais porosos foi necessário remover os sais. Os sais eram mais visíveis no invólucro cerâmico e foram removidos com pachos de água destilada.

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Quanto ao invólucro em tecido foi escolhido um que tivesse menor quantidade de deposições de sais e estes foram removidos mecanicamente com pinceis com cerdas de variadas durezas. A área superior, mais manchada, foi limpa mecanicamente com bisturi, em combinação com etanol a 97°. As barras de zinco, que possuíam muitas deposições de sais, foram limpas com uma combinação entre banhos de água destilada e mecanicamente (bisturi e pinceis de cerdas de variadas durezas). Por fim, e em laboratório, fez-se a preparação dos componentes em estado líquido, uma solução saturada de cloreto de amónio (NH_4Cl).

Em jeito de comemoração do Dia Internacional dos Museus, a 18 de maio de 2022, o Museu do ISEP abriu as suas portas à comunidade com uma breve introdução à evolução da pilha seca, terminando com a demonstração da pilha de Leclanché em funcionamento. Devido ao facto desta pilha só conseguir produzir 1,5 V, a demonstração limita-se ao uso de um voltímetro para verificar e demonstrar a energia que a mesma produz. Inicialmente pensou-se em criar um circuito elétrico com uma lâmpada, mas este só seria possível com alguns ajustes ou com a utilização de mais pilhas o que se pensa não ser necessário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, pretendeu-se não só dar uma solução a uma questão pertinente que estava “guardada” numa reserva, mas, acima de tudo, apresentar uma hipótese e dar a conhecer o processo pelo qual se passou para se chegar a este fim. Não é necessariamente a melhor solução ou a única, mas seguramente é que a surge como a mais natural considerando os recursos à disposição. Não é uma resposta complexa, não é difícil de se conseguir nem muito menos dispendiosa. Também se ambicionou integrar o parco conjunto de publicações, adicionando uma mais que parece ser pertinente neste contexto e que se espera que possa contribuir de alguma forma a qualquer pessoa que se encontre numa situação semelhante ou pelo menos que possa despertar mais uma ideia no meio de tantas.

Para Luís Alberto Alves (2000), “Preservar o espólio das antigas escolas, publicitar o seu percurso, identificar os seus destinatários e salvaguardar a sua memória é a melhor forma de exercermos uma verdadeira cidadania patrimonial”. Procurou-se, no final desta caminhada, ir, também, de encontro a esta citação. Aos olhos de algumas pessoas, um museu pode apresentar-se apenas como um depósito de peças em vitrines empoeiradas, mas a verdade, é que esses objetos encerram em si mesmos muito conhecimento, que se não se souber ler, não passam de peças bonitas (?) em exposição. O Museu do ISEP é muito mais do que isso. E quem lá trabalha, apesar de em reduzido número, esforça-se todos os dias para dar voz aos objetos e é um privilégio honrar as figuras que tanto deram de si a esta instituição, contribuindo para a sua criação e sucesso, tendo como meio o espólio que perdurou. Jean-François Gauvin (2016), tem uma perspetiva muito própria sobre os instrumentos científicos que deixam de desempenhar a sua “função”, mas que, ao integrarem uma coleção, passam a representar-se a eles próprios e parece ser uma delícia de convicção. E integrar esta possibilidade faz acreditar na beleza da vida e na dádiva de estar neste meio. É um trabalho muito complexo, que implica uma adaptação e estudo diários, mas que espelha bem o trabalho num museu de ciência. É uma coleção tão grande, com tantas particularidades, que tem de ser considerada à luz de uma intervenção de conjunto e não tanto de peça a peça como somos formatados para trabalhar e este é, talvez, o maior desafio. São tantas as necessidades, que podem limitar a visão de conjunto, mas a verdade é que não é possível intervir em todas, não sendo este o objetivo pretendido. É crucial nunca perder a visão do todo com palavras de ordem como prevenção, manutenção, conhecimento, em que a observação atenta ganha uma dimensão inesperada. Este conhecimento empírico sobre a coleção é algo que implica tempo e dedicação. Adquire-se com a experiência e o trabalho diário. A conservação e restauro está tanto tempo a tentar “ser ciência”, a ir de encontro ao que hoje se valoriza, o que é científico, comprovado por análises e fórmulas que se tem desviado da essência, tal como afirma o Salvador Muñoz Viñas (2022). O conservador restaurador guarda em si algo que não se transmite, “(...) regardless of what we call it, conservators acquire or develop a very unique type of knowledge – or know-how, skill, intuition or *mentefact* – that is not scientific, but which is paramount to the practice of conservation (...) it can be safely stated that the conservator profession is based on a form of *tacit knowledge*, as are so many others important activities, from surgery to cooking to piloting planes to playing violin to communicating with people.” É óbvio que socorrer-se de outras ciências e recursos é fundamental para se aprofundar conhecimento e ter uma ideia de todo mais concreta e real. Mas por outro lado, parece que o conhecimento do conservador restaurador, adquirido ao longo da sua carreira, por si só, não é válido e é algo que se deve começar a ver de outro prisma, embora possa soar a contrassenso. “(...) (a) conservators have an extraordinary corpus of *tacit knowledge* of their own that allows them to overcome exceedingly difficult

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché challenges; (b) that this knowledge is essential in conservation practice; and (c) that it remains essential and unique despite – or perhaps because of – falling outside the scientific paradigm.” (Muñoz Viñas, 2000)

É um trabalho de muita responsabilidade, com muitas nuances, que aguça inseguranças, mas que devia criar também a necessidade de partilhar mais. O conhecimento em si mesmo, se não for partilhado, é invisível. E os conservadores restauradores são os mestres da invisibilidade. Em suma, o propósito inicial foi atingido. Conseguiu-se confirmar a informação presente nos catálogos e na bibliografia sobre os compostos das pilhas através de análises, assim como o estado de conservação desses mesmos componentes. Foi possível verificar que os casos de estudo estavam estáveis, mas que, na presença de uma alteração moderada dos valores de humidade relativa, a pilha de Grenet reage e, pela sua constituição apresenta elevada toxicidade, portanto, pode ter impacto negativo nas peças que coabitam o espaço de reserva. Foi proposta uma solução que ainda não foi implementada. Conseguiu-se ainda refuncionalizar uma pilha de Leclanché e constatar que não só é possível pô-la em funcionamento como, através da reação, reproduzir também os vestígios que se encontram nos restantes exemplares. Criou-se ainda um gel de limpeza específico, de cariz “verde” e de baixa toxicidade eficaz, que resultou na perfeição. E por fim, ainda se desenvolveu uma metodologia inovadora através da fotografia para registar o que era visível aos olhos, mas difícil de mostrar. Espera-se que este trabalho possa ser um contributo para a conservação do património da ciência e técnica.

FONTES E REFERÊNCIAS

Catálogos

Ducretet, F. & Roger E. (1911) Catalogue raisonné des instruments de précision. Troisième partie Électricité (6ª Editions)

Gaiffe. A., (s.d.) Catálogo desconhecido, pp. 95-102

Kohl, M. (1927) Aktiengesellschaft, Chemnitz, Fabrique et Magasin d'Appareils de Physique Catalogue No 100, Tome III

Molteni J. & Cie constructeurs de Machines et instruments de précision Paris Ateliers de Construction et Magasins (1859)

Rousseau, P. & Cie. (1888) Catalogue général illustré des instruments de chimie et ustensiles de laboratoire

Regulamento nº 174/2022 (Diário da República, 2ª série, parte E, Nº 33, 16 de fevereiro de 2022, Instituto Politécnico do Porto, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Regulamento do Museu do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Pasta Nº 37 sobre a temática legislação, disponibilizado pela Doutora Patrícia Costa

Processos económicos desde o início da criação da escola até 1914

Fontes manuscritas

Relatório sobre a Escola Industrial do Porto, desde a sua criação até á abertura do anno de 1855 a 1856 – José de Parada da Silva Leitão

Atas do Conselho Escolar 1865/78, 1879/87, 1887/1901 e 1901/1919

Academia Polytechnica (1882) *Anuário da Academia Polytechnica do Porto anno lectivo de 1881-1882*. Typographia Central

Aires-Barros, L. (2006). Do interesse e da actualidade dos Museus de Ciências da Terra nas Universidades: os casos dos Museus Bensaúde e Décio Thadeu dos Instituto Superior Técnico. *Conservar Património* 3 e 4 pp.79-84

Almeida, M. M., Mendes, C. & Fernández, C. (2020). O plano de valorização do património cultural da escola secundária Sebastião e Silva, Oeiras. *Conservar Património* 33 pp. 44-52
<https://doi.org/10.14568/cp2018041>

Alvarado Rodríguez, M. E. & Flores Camacho, F. (2001). Concepciones de ciência de investigadores de la UNAM. Implicaciones para la enseñanza de la ciência. *Perfiles Educativos* 13(92) pp. 32-53

Alves, L. A. M., (2000), O arranque do ensino industrial no Porto (1884-1910). *História*. 3(1), pp. 67-81

Alves, L. A. M. (2001). O arranque do ensino industrial na 2ª metade do séc. XIX. *Estudos em Homenagem a João Francisco Marques* pp.95-111

Alves, L. A. M. (2004). Os professores e o ensino industrial na segunda metade do século XIX. *Estudos em homenagem a Luís António de Oliveira Ramos* pp.131-141

Alves, L. A. M., (2003) *O Porto no arranque do ensino industrial (1851 - 1910)*, Edições

Afrontamento

- Alves, L. A. M.; Costa, P. C. M. (2018) O Instituto Superior de Engenharia: um trajeto de ensino e de museologia educativa In Maia, C.; Ribeiro, C.; Barros, A., (coord.) Portugal, *atas do I encontro nacional da história de estabelecimentos de ensino – “arquivos e espólios de estabelecimentos de ensino em Portugal*. Escola Superior de Educação do Politécnico do Porto, ed.
- Alves, L. A. M. (s.d.). ISEP: identidade de uma escola com raízes oitocentistas. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação* 1, pp.57-69
- Anderson, K., Frappier, M., Neswald, E. & Trim, H. (2011). Reading instruments: objects, texts and museums. *Science and Education* 22, pp.1167-1189
- Association of Academic Museums & Galleries (2017). *Professional practices for academic museums & galleries*. Association of Academic Museums & Galleries ed.
- Brandão, J. M. (2009). Uma intervenção na “sala de arqueologia pré-histórica” do museu geológico (Lisboa). *Ciências e Técnicas do Património* 7/8 pp. 93-106
- Breton, J. (1997). La conservation et la restauration des instruments scientifiques des XVIIIème et XIXème siècle: un terrain de recherches et de valorisation en histoire des sciences. *Bulletin de la Sabix* 18 pp.1-11
- Brigola, J. C. P. (2003) *Coleções, gabinetes e museus em Portugal no século XVIII* ed Fundação Calouste Gulbenkian Coimbra
- Bunning, K., Kavanagh, J., McSweeney, K. & Sandell, R. (2015). Embedding plurality: exploring participatory practice in the development of a new permanent gallery. *Science Museum Group Journal* <http://dx.doi.org/10.15180/150305>
- Buse, J., Otero, V. and Melo, M., 2019. New insights into synthetic copper greens: The search for specific signatures by raman and infrared spectroscopy for their characterization in medieval artworks. *Heritage*, 2(2), pp.1614-1629.
- Butt, J. (2017) Adapting to the emergence of the automobile: a case study of Manchester coachbuilder Joseph Cockshoot and Co. 1896-1939. *Science Museum Group Journal*. <http://dx.doi.org/10.15180/170803>
- Cadeco, G., Costa, P., Campos, B. B., Algarra, M., Martínez de Yuso, M. V., Moreira, P. R., Silva, P., & Vieira, E. (2021). The scientific collection of ISEP Museum: Grenet and Leclanché cells. *Conservar Património*, 38, 35–43. <https://doi.org/10.14568/cp2020067>
- Campos, B., Marco, A., Cadeco, G., Freire-Lista, D. M., Silvestre-Albero, J., Algarra, M., Vieira, E., Pintado, M., & Moreira, P. (2021). Green chitosan: thiourea dioxide cleaning gel for manganese stains on granite and glass substrates. *Heritage Science*, 9(1), Article 160. <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00632-y>
- Casanova, C & Romeiras, M. M. (2020). Legacy of the scientific collections of the Instituto de Investigação Científica Tropical, University of Lisbon: a critical review and outlook. *Conservar Património* 33 pp. 32-43 <https://doi.org/10.14568/cp2018040>
- Chang, R. (1994). *Química*. 5ª edição, Editora McGraw-Hill de Portugal, Lda
- Coats, J. (2000). Interpretation of infrared spectra. A practical approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry* pp.1-23
- Cornet, E. (2014). Vers une lubrification sèche pour le patrimoine horloger. Sa mise en oeuvre, ses limites, as réversibilité. *CeRoArt EGG 4* <https://doi.org/10.4000/ceroart.4151>
- Costa, P., (2005) Museu e ensino industrial: o saber fazer, in *Coleções de ciências físicas e tecnológicas em museus universitários: homenagem a Fernando Bragança Gil*. In Silva, A. C. F.; Semedo, A., (Coord.) Faculdade de Letras da Universidade do Porto – Secção de Museologia

- A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché do Departamento de Ciências e Técnicas do Património, pp. 169-182
- Costa, P. C. R. M., (2006) *Os Museus e o Ensino Industrial: Percursos e Coleções*, Universidade do Porto
- Costa, P.C. & Oliveira, J. C. B. (2009). O museu do Instituto Superior de Engenharia do Porto: o ensino industrial e o saber fazer. In Granato, M. & Lourenço, M. C. (org.) *Coleções científicas luso-brasileiras: patrimônio a ser descoberto* pp. 244-255
- Daval, M. (2013) Les substances radioactives dans les objets patrimoniaux. Comportement à adopter, solutions et actions possibles *CeRoArt EGG 4* <https://doi.org/10.4000/ceroart.4160>
- Emovon, I., Norman, R. A. & Murphy, A. J. (2016). An integration of multi-criteria decision making techniques with a delay time model for determination of inspection intervals for marine machinery systems. *Applied Ocean Research* 59 pp. 65-82
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apor.2016.05.008>
- Fava-Verde, J. (2017) A tale of two telegraphs: Cooke and Wheatstone's differing visions of electric telegraphy. *Science Museum Group Journal* <http://dx.doi.org/10.15180/170804>
- Frade, M. A. C. (2017). Uma coleção universitária: da matéria-prima ao seu conhecimento interdisciplinar, do pré-escolar ao secundário. *Revista Matéria-Prima*, 6(1), pp. 127-136
- Frost, R.L., Martens, W. N., Rintoul, L., Mahmutagic, E. & Kloprogge, J. T., (2002) Raman spectroscopic study of azurite and malachite at 298 and 77 K. *Journal of Raman Spectroscopy*, 33(4), pp. 252-259.
- Frost, R., Martens, W., Kloprogge, T. & Williams, P. (2002) Raman spectroscopy of the basic copper chloride minerals atacamite and paratacamite - implications for the study of copper, brass and bronze objects of archeological significance. *Journal of Raman Spectroscopy* 33(10), pp. 801-806.
- Ganot, A., (1876) *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée et de météorologie*, Chez L'Auteur – Éditeur, 17^o ed.
- Gauvin, J. (2016). Functionless: science museums and the display of “pure objects”. *Science Museums and Research* <http://dx.doi.org/10.15180/160506>
- Gonçalves, M. (2010). Para a história do ensino contabilístico de Lisboa e do Porto no Portugal de oitocentos. *Journal of Business and Legal Sciences / Revista De Ciências Empresariais E Jurídicas* 18, pp.125–135. <https://doi.org/10.26537/rebules.v0i18.953>
- Gonçalves, M.; Marques, M. C. C., (2011) Evolução do ensino da contabilidade em Portugal na segunda metade do século XIX: uma análise histórica, 1844-1886. *Pecunia* 13 pp. 201-220
- González Martí, I. (1918). *Tratado de física general*. (3^a ed.) Imprenta de la viuda de Prudencio Pérez de Velasco
- Gordon, J. E. H., (1881). *Traité experimental d'électricité et de magnétisme*. Tome I, Librairie J. B. Baillièrre et fils
- Granato, M. & Lourenço, M. C., (org) (2010). *Coleções científicas Luso-Brasileiras: patrimônio a ser descoberto*. Museu de Astronomia e Ciências Afins
- Granato, M. (2011). Restauración de instrumentos científicos: experiencias desarrolladas en el MAST (Brasil). *IV Congreso Latinoamericano de Conservación y Restauración de Metal* pp. 220-232
- Gual Via, M., (2013). Documentación e intervención sobre la colección de patrimonio científico. “Mentoria Alsina” en el Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya. *IV Congreso Latinoamericano de Conservación y Restauración de Metal* pp. 433-437
- Hallam, D., Thurrowgood, D., & Ogilvie, C. (2004). *Corrosion, wear and corrosive wear; the story of lubrication systems in large technology object storage and use*.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4084751>

Hauck, W. Ph., (1885). *Les piles électriques, thermo-électriques et les accumulateurs*.

Bibliothèques des actualités industrielles n 5, Édition Française par G. Fournier. Bernard Tignol, Éditeur

Herrero Morán, B. F. (2013). La conservación del patrimonio etnográfico a través de la musealización. *Ge-conservación* 5 pp. 135-147

Japing, E., (1885). *L'électrolyse, la galvanoplastie et l'électrometallurgie*, Édition Française par Ch. Baye, revue par G. Fournier. Bernard Tignol, éditeur

Jardine, N. (2013). Reflections on the preservation of recent scientific heritage in dispersed university collections. *Studies in History and Philosophy of Science* 44 pp. 735-743

Jensen, W. B. (2014). The Leclanché Cell. *Museum Notes*

Jensen, W. B. (2014). The Dichromate Cell. *Museum Notes*

Jones, C. L. (2013). How to make a university history of science museum: Lessons from Leeds. *Studies in History and Philosophy of Science* 44 pp. 716-724

<http://dx.doi.org/10.1016/j.shpsa.2013.07.010>

Lemos, M. & Tissot, I. (2020). Reflections on the conservation challenges of scientific and technological objects. *Conservar Património* 33 pp.24-31 <https://doi.org/10.14568/cp2018044>

Liang, G., Li, Y., Yang, C., Zi, C., Zhang, Y., Hu, X. & Zhao, W., (2020). Production of biosilica nanoparticles from biomass power plant fly ash. *Waste Management*, 105, pp.8-17.

Lindsay, W. (2005). Time perspectives: What “the future” means to museum professionals in collections-care. *The Conservator* 29(1) pp. 51-61

<https://doi.org/10.1080/01410096.2005.9995212>

Lourenço, M. (2005) Between two worlds: The distinct nature and contemporary significance of university museums and collections in Europe in

<https://www.researchgate.net/publication/274383583>

Lourenço, M. C. & Gessner, S., (2012). Documenting collections: cornerstones for more history of science in museums. *Science and Education* 23 pp. 727-745

Lourenço, M. C. Coord. (2013) – O laboratório químico da escola politécnica de Lisboa – História, Coleções, Conservação e Musealização. In <http://ciuhct.org/publicacoes/0/o-laboratorio-quimico-da-escola-politecnica-de-lisboa>

Lourenço, M. C. & Wilson, L. (2013). Scientific heritage: Reflections on its nature and new approaches to preservation, study and access. *Studies in History and Philosophy of Science* 44, pp.744-753 <http://dx.doi.org/10.1016/j.shpsa.2013.07.011>

Lourenço, M. C. (2013). Preserving and studying scientific heritage at the University of Lisbon: Recent developments and perspectives. *Revista Electrónica de Fuentes y Archivos* 4 pp. 95-109

Lourenço, M. C. & Filippopoliti, A. (org.) (2016). *Checklist for preservation and access of recent heritage of science*. Universeum

Lourenço, M. (2020). Fora do radar até agora: A conservação do património e das coleções científicas. *Conservar Património* 33 pp. 6-9 <https://doi.org/10.14568/cp33fm2>

[Magalhães, A. C. \(1945\) Relatório – Da actividade cultural e educativa do Instituto e da situação dos seus diplomados Instituto Comercial do Pôrto \(1933-1945\) Imprensa Moderna, Limitada](#)

Mantell, C. L. (1980) *Ingeniería Electroquímica, información exhaustiva de la teoría y práctica de los procesos electroquímicos industriales, de sus aplicaciones y productos*. Editorial Reverté, S. A.

Marques, A.H.O. (2000) *História de Portugal – volume III Das Revoluções Liberais aos Nossos*

Dias, Editorial Presença

- Martens, W., Frost, R. & Williams, P., (2003). Raman and infrared spectroscopic study of the basic copper chloride minerals – implications for the study of the copper and brass corrosion and "bronze disease." In *Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen*, 178(2), pp.197-215.
- Martinho, T. D. (2014). A história da ciência em exposição. Estudo de caso sobre a mostra 360° Ciência Descoberta. *VIII Congresso Português de Sociologia*
- Mendes, J. A. (1999). O papel educativo dos museus: evolução histórica e tendências actuais. *Didaskalia*, 29(1-2), 667-692. <https://doi.org/10.34632/didaskalia.1999.1455>
- Micheli-Serra, A., Iturralde-Torres, P. & Izaguirre-Ávila, R. (2012). How electricity was discovered and how it is related to cardiology. *Archivos de Cardiología de México* 82(3) pp. 252- 259 doi:10.1016/j.acmx.2012.06.003
- Muñoz Viñas, S. (2022). Conservation Science, conservation practice and the conservator's knowledge: a naïve exploration. *Journal of the Institute of Conservation*, 45(3), pp.173-189 <https://doi.org/10.1080/19455224.2022.2112407>
- Newey, H. & Meehan, P. (1999). The conservation of an 1895 Panhard et Levassor and a 1922 prototype Austin seven motorcar: New approaches in the preservation of vehicles. *The Conservator* 23(1) pp.11-21 <https://doi.org/10.1080/01410096.1999.9995134>
- Newey, H. (2000). Conservation and the preservation of scientific and industrial collections, *Studies in Conservation*, 45(1), pp.137-139, <http://doi.org/10.1179/sic.2000.45.Supplement-1.137>
- Pellat, H., (1901). *Cours d'électricité, cours de la Faculté des Sciences de Paris*. Tome I électrostatique, lois d'Ohm, thermo-électricité. Gauthier-Villars, imprimeur-libraire du bureau des longitudes et de l'école polytechnique
- Pereira, G. G. (2017). A reorganização do Museu Pombalino de Física da Universidade de Coimbra por Mário Augusto da Silva. *Conservar Património* 26 pp.23-36 <https://doi.org/10.14568/cp.2017007>
- Pye, E. (2016) *Challenges of Conservation: Working objects in* <http://dx.doi.org/10.15180/160608>
- Pye, E. (2013). Writing Conservation: The impact of text on conservation decisions and practice. In: Piquette, K. E. and Whitehouse, R. D. (eds.) *Writing as Material Practice: Substance, sur-face and medium*. Pp. 319-333. London: Ubiquity Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/bai.p>
- Kim, C. et al., (2010). An experience curve-based decision support model to prioritizing restoration needs of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage* 11 pp.430-437 <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2010.03.004>
- Regel, B., Langfeldt, J., Burden, L. & Ryan, M., (2016) "Doping at the Science Museum: the conservation challenge of doped fabric aircraft in the flight gallery" *Science Museum Group Journal* <http://dx.doi.org/10.15180/160605>
- Reis, J. (1987). A industrialização num país de desenvolvimento lento e tardio: Portugal, 1870-1913. *Análise Social* 23(96) pp. 207-227
- Reynier, E., (1884). *Piles électriques et accumulateurs, recherches techniques*. Librairie centrale des sciences J. Michelet
- Ribeiro, E. (2013). Reflexões sobre seleção do património cultural de C&T recente: análise da aplicação dos critérios propostos por Universeum Working Group on Recent Heritage of Science *Ciência da Informação*, 42(3), pp.454-470
- Ribeiro, G. & Silva, J. L. J. C. (2017) A relevância da história da ciência para o ensino de

- A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché
ciências: elementos introdutórios. *Revista Acadêmica GUEETO*, 9(1) pp. 12-25
- Santos, V. C., (Coord.) (1998) *Memórias da physica*, Instituto Superior de Engenharia do Porto
- Santos, V. C. (Coord.), (2005) *ISEP 150 anos: memória e identidade*, Instituto Superior de Engenharia do Porto
- Sarazin, C. (1898). *Cours d'électricité, théorie et pratique*. E. Bernard, et Cie, Imprimeurs – éditeurs
- Schmidgen, H. (2011). *The Laboratory in* <http://ieg-ego.eu/en/threads/crossroads/knowledge-spaces/henning-schmidgen-laboratory>
- Seixas, R. L. & Soeiro, A. C. G. (1966). *Lições de Física Experimental para o 2º Ciclo dos Liceus*, Vol.II (2ªed) Coimbra Editora, limitada
- Serway, R. A. & Jewett Jr, JW. (2004) *Princípios da Física* Thomson Pioneira Vol. 2 e 3
- Silva, A. C. F.; Semedo, A., Coord. (2005) – *Coleções de Ciências Físicas e Tecnológicas em Museus Universitários: Homenagem a Fernando Bragança Gil*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto
- Sloane, A. M. T. O., (1997). *Practical electricity*. The Norman W. Henley Publishing Co, 4.ª ed.
- Souza, D. M. V. (2012). Coleções científicas em museus: parâmetros de divulgação e construção de memória. *Revista Memória em Rede* 2(7)
- Teixeira, C. (s.d.) Conservação e restauro de património científico. Forma de vida in <https://formadevida.org/cteixeirafdv13>
- Torres, V. R. L. (2018) *A importância da experiência prática na museologia – uma experiência no Museu da Ciência da Universidade de Coimbra*, Universidade de Coimbra
- Uchida, S., Watanabe, E. & Osawa, R. (2016) Precipitation of manganese oxides on the surface of construction materials in the Khmer temples, Cambodia., *Herit. Sci.*, vol. 4(1), pp. 16 <https://doi.org/10.1186/s40494-016-0086-1>.
- Valente, M. E. A., (2005). O Museu de Ciência: espaço de história da ciência. *Ciência e Educação*, 11(1) pp. 53-62
- Weber, C. (2012). *University Collections in* <http://ieg-ego.eu/en/threads/crossroads/knowledge-spaces/cornelia-weber-university-collections>
- C 1s Peak of Adventitious Carbon Aligns to the Vacuum Level: Dire Consequences for Material's Bonding Assignment by Photoelectron Spectroscopy in <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cphc.201700126>

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

ANEXO A Matrículas

António Carvalho da Silva Porto

n. 50

ANNO LECTIVO DE 18⁶⁵ 18⁶⁶

ESCÓLA INDUSTRIAL DO PORTO.

N.º *11* 2.ª CADEIRA.

A *11* de *Outubro* de 18⁶⁵ foi matriculado em *Ornato*

o Estudante ordinario *Antonio Carvalho da Silva Porto*
filho de *Antonio da Silva Carvalho*
natural de *Porto*
residente em *rua de Santo Antonio do Penedo*
de *14* annos de idade completos
de profissão *Escultor*
por despacho de *11* de *dito mes*

E para constar lavrei este termo que o dito Estudante assignou
commigo Secretario da Escóla.

Pelo Secretario *Francisco Corrêa de Freitas* Estudante *Antonio Carvalho da Silva Porto*

Fechou a matricula em *22* de *Maio* de 18⁶⁶

Pelo Secretario *Francisco Corr. de Freitas* Estudante *Antonio Carvalho da S.ª Porto*

Francisco Martins Meira

A. 27

ANNO LECTIVO DE 18⁶⁵ 18⁶⁶

ESCOLA INDUSTRIAL DO PORTO.

N.º *13* 2ª CADEIRA.

A *13* de *Outubro* de 18 *65* foi matriculado em *Ornato*

o Estudante *voluntário Francisco Martins Meira*
filho de *José Martins Ribeiro*
natural de *Alfama*
residente em *Alma da Liberdade*
de *16* annos de idade completos
de profissão *Estudante*
por despacho de *13* do dito *anno*

E para constar lavrei este termo que o dito Estudante assignou commigo Secretario da Escola.

Pelo Secretario *Francisco Corrêa de Freitas* Estudante *Francisco Meira*

Fechou a matricula em *22* de *Maio* de 18 *66*

Secretario *Francisco Meira* Estudante

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

António Teixeira Lopes

ANNO LECTIVO DE 1878 1879 *nov*

INSTITUTO INDUSTRIAL DO PORTO

N.º 446 CLASSE *Voluntario*

A 22 de *outubro* de 1878 foi matriculado *na primeira e segunda cadeira*

o Estudante *Antonio Teixeira Lopes*
filho de *Joaquim Teixeira Lopes*
natural de *Villa Nova de Gaya*
residente em *as Nevesas*
de 12 annos de idade completos
de profissão /
por despacho de 23 de *dit. mes*

E para constar se lavrou este termo que o dito Estudante assignou como
Secretario do Instituto.

Secretario *Joaquim Teixeira Lopes* Estudante *Antonio Teixeira Lopes*

Fechou a matricula em _____ de _____ de 18

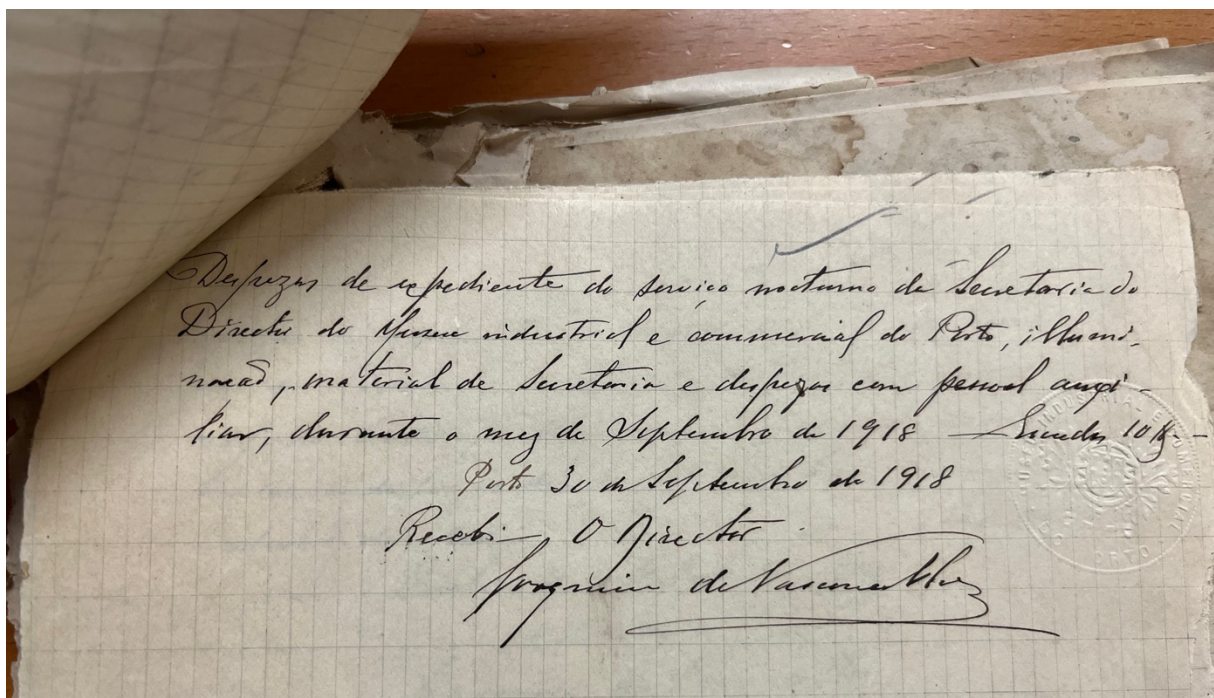
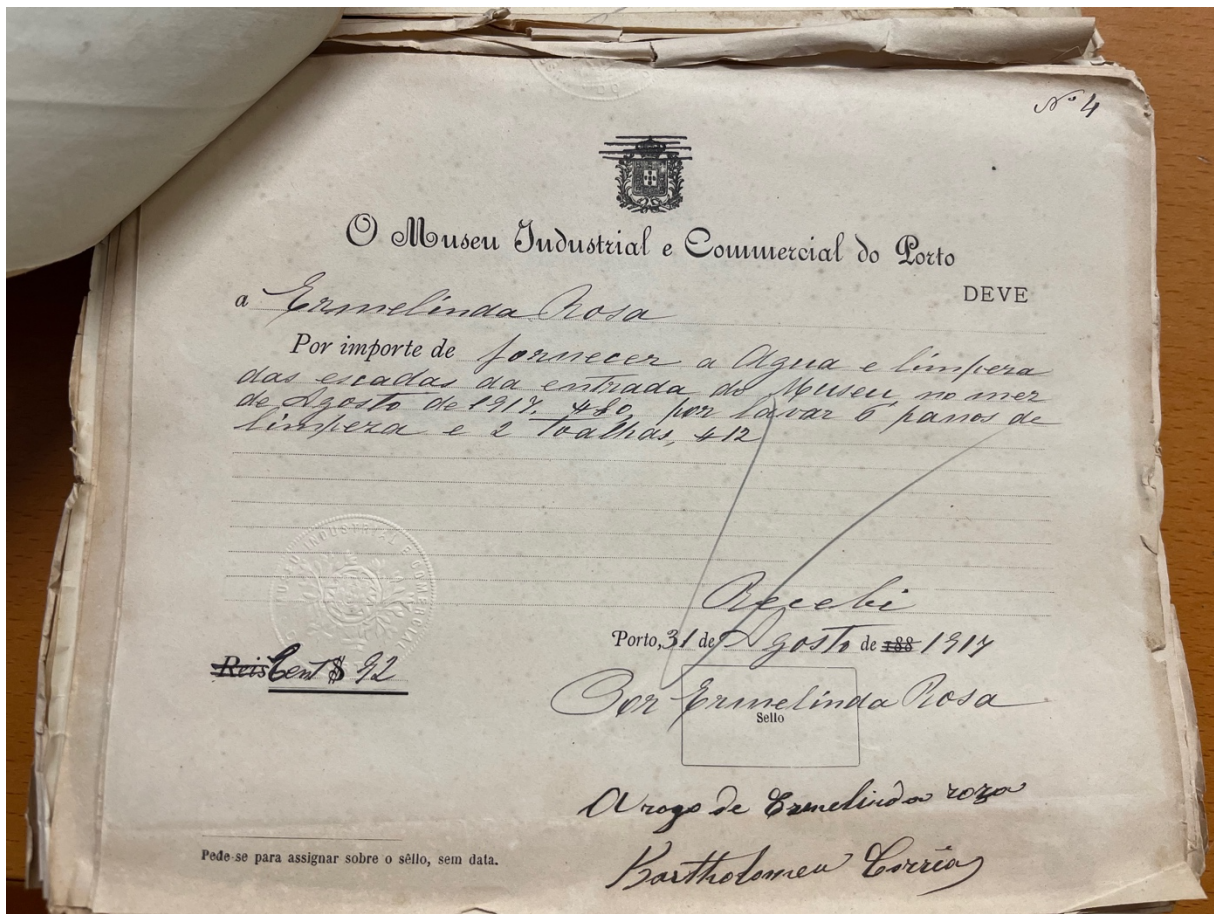
Secretario _____ Estudante _____

OBSERVAÇÕES

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

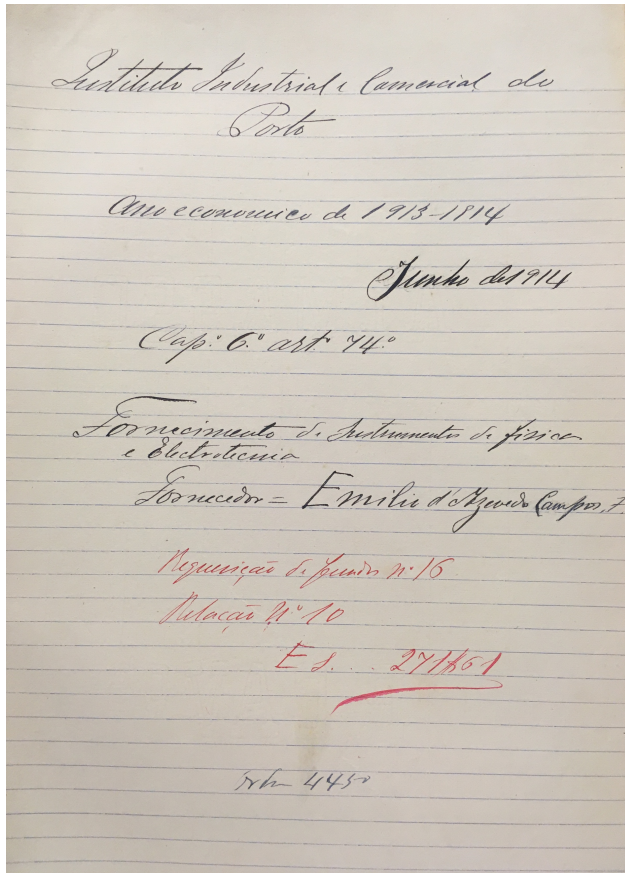
ANEXO B

Faturas do Museu Industrial e Comercial do Porto



ANEXO C

Comprovativo de pagamento das pilhas de Grenet



Registo de três pilhas de “bicromato de potassa” do inventário de 1940

2634	13,182	1	Aparelho receptor Morse			150,00
2635	13,183	1	Maixa com 6 pilhas Trouvé			10,00
2636	13,184	1	Caixa com 50 pilhas de tubo			10,00
2637	13,185	1	Pressa de cópias pequena			10,00
2638	13,186	1	Caixa com 2 acumuladores			10,00
2639	13,187	a				
	13,190	4	Pilhas térmicas		100,00	400,00
2640	13,191	a				
	13,193	3	Pilhas bicromato de potassa		15,66	50,00
2641	13,194	1	Pilha Lalande-Chaperon			25,00
2642	13,195	1	Relais telegráfico			15,00
2643	13,196	1	Bobina fio duplo p.a. campainhas			50,00
2644	13,197	1	Oscilógrafo de membrana, Lybold, com transformador, self-regulável, conden-			

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

ANEXO D

Faturas e comprovativos de compras das pilhas de Leclanché

812

Emilio d'Azevedo Campos, Filhos N. 53

ESTABELECIMENTO DE OPTICA
(CASA FUNDADA EM 1854)

RUA 31 DE JANEIRO, 137
• Porto.

Para-raios. Campainhas electricas e telephonicas. Apparelhos para ensaios de vinhos e alcooes. Objectos de desenho e pintura. Filtros para agua. Pentas, escovas, esponjas, perfumarias, cutelarias, etc. <><>

INSTITUTO INDUSTRIAL COMMERCIAL DO PORTO Deve

Porto, de Janeiro de 1913

24	Varas para pilhas Leclanché	300	7.200
----	-----------------------------	-----	-------

Duplicado

Declaro que o recibo desta fatura foi passado no original d'este documento.

Porto, 14 de Janeiro de 1913 e tra
Emilio d'Azevedo Campos, filho.

812

Emilio d'Azevedo Campos, Filhos N. 44

ESTABELECIMENTO DE OPTICA
(CASA FUNDADA EM 1854)

RUA 31 DE JANEIRO, 137
• Porto.

Para-raios. Campainhas electricas e telephonicas. Apparelhos para ensaios de vinhos e alcooes. Objectos de desenho e pintura. Filtros para agua. Pentas, escovas, esponjas, perfumarias, cutelarias, etc. <><>

INSTITUTO INDUSTRIAL COMMERCIAL DO PORTO Deve

Porto, de de 1913

24	Varas para pilhas Leclanché	300	7.200
2	Botões de Chamada	200	400
2	Varas de Madeira	250	500
200	Botões de Seda	120	240
			8.340

Duplicado

Declaro que o recibo foi passado no original d'este documento.

Porto, 3 de Dez. 1913 Emilio d'Azevedo Campos, filho

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

Registo de pilhas de Leclanché do inventário de 1938

269	9,095	Voltmetro de cobre de Muller	1	1233	9.263	18\$00
270	9,096	Elemento de pilha Leclanché	1	1235	9.264	18\$00
271	9,097	" " " "	1	1237	9.265	18\$00
272	9,098	" " " "	1	1238	9.266	18\$00
273	9,099	" " " "	1	1239	9.267	18\$00
274	9,0910	" " " "	1	1240	9.268	18\$00
275	9,0911	" " " "	1	1241	9.269	18\$00
276	9,0912	" " " "	1	1242	9.270	18\$00
277	9,0913	" " " "	1	1243	9.271	18\$00
278	9,0914	" " " "	1	1244	9.272	18\$00
279	9,0915	" " " "	1	1245	9.273	18\$00
280	9,0916	" " " "	1	1246	9.274	18\$00
281	9,0917	" " " "	1	1247	9.275	18\$00
282	9,0918	" " " "	1	1248	9.276	18\$00
283	9,0919	" " " "	1	1249	9.277	18\$00
284	9,0920	" " " "	1	1250	9.278	18\$00
285	9,0921	" " " "	1	1251	9.279	18\$00
286	9,0922	" " " "	1	1252	9.280	18\$00
287	9,0923	" " " "	1	1253	9.281	18\$00
288	9,0924	" " " "	1	1254	9.282	18\$00
289	9,0925	" " " "	1	1255	9.283	18\$00
290	9,0926	" " " "	1	1256	9.284	18\$00
291	9,0927	" " " "	1	1257	9.285	80\$00
292	9,0928	Chave de contactos sucessivos	1			

Pilhas de Leclanché completas pertencentes ao espólio do Museu do ISEP



A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché

ANEXO E

Evolução da pilha seca



Registo das pilhas secas para o Molinete de Voltmann no inventário de 1938

17,15	Barragem Poiree-modelo de madeira	1
17,16	Eclusa-modelo de madeira	1
17,17	Molinete de Voltmann de construção Casela & C ^a	1
17,18	Molinete de " " " Amber-Suissa	1
17,19	Caixa c/Pilhas para funcionamento do anterior	1
17,20	Aparelhø de manobra do molinete 17.18 com respe-	

A coleção científica do Museu do ISEP. Abordagem à conservação e restauro a partir de dois casos de estudo: as pilhas de Grenet e Leclanché