



# CATÓLICA

## FACULDADE DE EDUCAÇÃO E PSICOLOGIA

---

PORTO

### *UM ESTUDO DE FNIRS SOBRE O IMPACTO DO JOGO ENERGY NA ANSIEDADE*

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para a obtenção do grau  
de mestre em Psicologia

– Especialização em Psicologia Clínica e da Saúde –

Maria Francisca Paiva Marinho da Silva

Porto, outubro 2024



# CATÓLICA

## FACULDADE DE EDUCAÇÃO E PSICOLOGIA

---

PORTO

### *UM ESTUDO DE FNIRS SOBRE O IMPACTO DO JOGO ENERGY NA ANSIEDADE*

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para a obtenção do grau  
de mestre em Psicologia

– Especialização em Psicologia Clínica e da Saúde –

Maria Francisca Paiva Marinho da Silva

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Prof<sup>ª</sup>. Doutora Patrícia Oliveira-Silva

Prof<sup>ª</sup>. Doutora Diana Cristina Rodrigues Pereira

Porto, outubro 2024

## Agradecimentos

Primeiramente, agradeço de forma especial aos meus pais. Sem o vosso apoio e esforço ao longo destes cinco anos, tudo isto não seria possível. Pai, obrigada por teres sido os braços que me abraçavam nos momentos mais desanimadores. Mãe, foste a minha maior aliada neste projeto académico, não há palavras que demonstrem a gratidão por todo o apoio e paciência que tiveste para comigo e por sempre acreditares em mim, espero fazer-te orgulhosa.

Agradeço à minha família, principalmente aos meus avós, por me terem sempre nos pensamentos deles, por terem sempre a porta aberta para mim e pelo carinho.

Gostaria de agradecer à Prof<sup>a</sup> Doutora Patrícia Oliveira-Silva, a minha orientadora, por me conceder a liberdade de explorar este tema que tanto me apaixona. Obrigada por todo o encorajamento, pela orientação e pela empatia que sempre demonstrou. Estendo também o meu agradecimento à Prof<sup>a</sup>. Doutora Diana Cristina Rodrigues Pereira, pela coorientação prestada, pela disponibilidade e simpatia ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Doutor Pedro Ribeiro, todos os obrigadas não chegam. Foi um pilar essencial no desenvolvimento deste projeto. Obrigada por sempre ter estado disponível para ouvir todas as minhas dúvidas, pela paciência e pela dedicação.

Obrigada à Dora Neto, pelo apoio constante e incentivo ao longo deste projeto, foi fundamental para concluir esta etapa.

Obrigada ao meu namorado, Daniel, por estar sempre ao meu lado ao longo destes cinco anos.

Ao meu gato, Zoro, por ter sido a minha companhia durante as tardes de escrita.

Por fim, agradeço às minhas amigas, Helena e Iara, que estiveram sempre presentes nos momentos bons e nos menos bons, por serem o alicerce que me ajudou a manter o equilíbrio, por me tirarem da rotina e serem as melhores amigas que alguém poderia pedir. E à Abby, pela amiga que te tornaste ao longo destes cinco anos, por estares sempre disponível para me ouvir, pelo apoio, pelas longas horas em chamada a ser a companhia uma da outra, a estudar e a fazer trabalhos. Sem ti, este percurso não teria sido igual.

Partilho o fim desta etapa com vocês, obrigada.

## Resumo

O interesse no uso de videogames como forma de intervenção no tratamento de problemas de saúde mental tem aumentado exponencialmente, uma vez que se reconhece o impacto positivo que esses jogos interativos podem oferecer em diferentes condições. Além de promoverem o envolvimento ativo dos pacientes, esses jogos proporcionam uma forma inovadora de terapia que combina entretenimento com abordagens terapêuticas eficazes. Desta forma, foi formulada a hipótese de que determinados videogames podem contribuir para a mitigação dos sintomas de ansiedade nos jogadores. Para testar esta hipótese foi desenvolvido um protocolo experimental recorrendo à neuroimagem, que foi aplicado com 33 participantes, com idades compreendidas entre os 18 e os 38 anos. O protocolo consistia, numa primeira fase, na exposição a um teste indutor de stress, onde era pedido aos participantes que respondessem a um conjunto de equações matemáticas num curto espaço de tempo. De seguida, era apresentado aos participantes o jogo de telemóvel, *Energy*. Ao fim de cada tarefa era também pedido aos participantes que indicassem o seu estado emocional a partir de um *affective slider*. Os resultados obtidos mostraram que os participantes experienciaram emoções mais positivas e uma maior ativação quando expostos ao *Energy* em comparação ao teste indutor de stress. Para além disso, verificou-se um aumento da atividade cerebral durante o mesmo. O presente estudo não só contribui para a investigação da eficácia dos videogames como novas formas inovadoras de intervenção na saúde mental, principalmente do que diz respeito a perturbações de ansiedade, como contribui para a expandir o conhecimento existente sobre as intervenções baseadas em videogames.

*Palavras-Chave:* ansiedade, fNIRS, videogames, TSST, stress

## Abstract

Interest in the use of video games as a form of intervention in the treatment of mental health problems has increased exponentially, as the positive impact that these interactive games can offer in different conditions is recognized. In addition to actively promote patient engagement, these games provide an innovative form of therapy that combines entertainment with effective therapeutic approaches. Thus, it was hypothesized that certain video games can contribute to the mitigation of anxiety symptoms in players. To test this hypothesis, an experimental protocol was developed using neuroimaging, which was applied to 33 participants, aged between 18 and 38 years. The protocol consisted, in a first phase, the exposure to a stress-inducing test, where participants were asked to respond to a set of mathematical equations in a short space of time. Then, the participants were presented with the mobile phone game, *Energy*. At the end of each task, participants were also asked to indicate their emotional state using an affective slider. The results showed that participants experienced more positive emotions and greater activation when exposed to *Energy* compared to the stress-inducing test. In addition, an increase in brain activity was observed during the game. This study not only contributes to the investigation of the efficacy of video games as new innovative forms of intervention in mental health, particularly regarding anxiety disorders, but also contributes to expand the existing knowledge on video game-based interventions.

*Keywords:* anxiety, fNIRS, video games, TSST, stress

## Índice

<b>Resumo</b> .....	<b>IV</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>Enquadramento Teórico</b> .....	<b>3</b>
COFSG e <i>Serious Games</i> .....	7
<i>Serious Games</i> e Saúde Mental .....	8
Utilização do fNIRS na Saúde Mental .....	10
Aplicação do fNIRS nos Videojogos.....	10
<b>Método</b> .....	<b>13</b>
Amostra .....	13
Instrumentos .....	14
<i>Questionário Sociodemográfico</i> .....	14
<i>State-Trait Anxiety Inventory</i> .....	14
<i>Trier Social Stress Test (TSST)</i> .....	15
<i>Energy</i> .....	15
<i>Affective Slider</i> /Medida de Autorrelato de Ansiedade Percebida no Momento (MAAPM).....	15
Recolha da Atividade Cerebral.....	16
Procedimentos .....	18
<i>Recolha de Dados</i> .....	18
<i>Análise de Dados</i> .....	20
<b>Resultados</b> .....	<b>21</b>
Hipótese 1 .....	22
Hipótese 2.....	23
Hipótese 3.....	27
<b>Discussão</b> .....	<b>30</b>
<b>Limitações e Estudos Futuros</b> .....	<b>34</b>
<b>Conclusão</b> .....	<b>36</b>
<b>Referências</b> .....	<b>37</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>53</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> .....	16
<b>Figura 2</b> .....	18
<b>Figura 3</b> .....	21
<b>Figura 4</b> .....	22
<b>Figura 5</b> .....	24
<b>Figura 6</b> .....	25
<b>Figura 7</b> .....	26
<b>Figura 8</b> .....	27
<b>Figura 9</b> .....	28
<b>Figura 10</b> .....	29
<b>Figura 12</b> .....	32

## Índice de Anexos

<b>Anexo A</b> .....	54
<b>Anexo B</b> .....	56
<b>Anexo C</b> .....	58

## Lista de Abreviaturas

BOLD | *Blood Oxygenation Level Dependent*

COFSGs | *Commercial Off-the-Shelf Games*

CPF | *Córtex Pré-frontal*

CPFDL | *Córtex Pré-frontal Dorsolateral*

CPFV | *Córtex Pré-frontal Ventral*

DFH | *Dimensão Fractal de Higuchi*

ECG | *Eletrocardiograma*

EE | *Entropia Espectral*

fMRI | *Functional Magnetic Resonance Imaging*

fNIRS | *Functional Near Infrared Spectroscopy*

IQR | *Intervalo Interquartil*

MAAPM | *Medida de Autorrelato de Ansiedade Percebida no Momento*

OCDE | *Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económicos*

OMS | *Organização Mundial da Saúde*

OPP | *Ordem dos Psicólogos Portugueses*

STAI | *State-Trait Anxiety Inventory*

TCC | *Terapia Cognitivo-Comportamental*

TSST | *Trier Social Stress Test*

## Introdução

Atualmente, devido às constantes mudanças no ambiente social e ao ritmo acelerado da vida moderna, a ansiedade tem-se tornado cada vez mais comum. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), as perturbações de ansiedade são os problemas mentais mais prevalentes a nível global, afetando 301 milhões de pessoas em 2019. Em 2020, a pandemia da COVID-19 contribuiu para um aumento significativo no número de pessoas afetadas por ansiedade e depressão (OMS, 2022). Dada esta realidade, é urgente implementar métodos eficazes para ajudar os indivíduos a lidar com a ansiedade e os seus impactos.

Na última década tem-se verificado um aumento do uso das tecnologias digitais, nomeadamente no que diz respeito aos videojogos como forma de intervir na diminuição da ansiedade e do stress (Granic et al., 2014; Ružic-Baf et al., 2016). Devido ao seu carácter motivador, envolvente e de fácil acesso, os videojogos representam uma das intervenções tecnológicas mais eficazes para o desenvolvimento de programas destinados à redução do stress e da ansiedade (Pallavicini et al., 2021). Dentro deste panorama, podemos considerar duas tipologias de jogo: os *commercial of-the-shelf video games* (COFSG) e os *serious games*. Os COFSGs são jogos de entretenimento que têm mostrado potencial na área da saúde mental, mais especificamente na diminuição da ansiedade e do stress (Carras et al., 2018; Watanabe et al., 2017). Vários videojogos foram testados por terem este efeito redutor, nomeadamente o Bejeweled e o Tetris (Kowal et al., 2021; Russoniello et al., 2009).

Por outro lado, os *serious games* são especificamente desenvolvidos com o propósito educacional, i.e., desenvolver competências e adquirir conhecimentos (Quwaidar et al., 2019; Susi et al., 2007). Ao longo dos último anos, tem-se verificado um crescente interesse da aplicação dos *serious games* nos cuidados de saúde (Kato, 2010), especialmente para ajudar no tratamento de perturbações de saúde mental, como perturbações de ansiedade, sintomas depressivos, entre outras (Dekker et al., 2017; Fleming et al, 2014).

Estima-se que 284 milhões de pessoas vivem com perturbações de ansiedade, representando o número mais elevado dentro das perturbações mentais (Vos et al., 2016). É importante considerar que nem todos os indivíduos têm acesso a tratamentos de primeira linha, como a terapia cognitivo-comportamental (TCC), e muitos acabam por desistir do tratamento devido ao seu elevado custo, adesão, disponibilidade, aceitabilidade e preferência do cliente (Pine et al., 2020). Assim sendo, a utilização dos videojogos pode surgir como uma possível

alternativa de intervenção a estes tratamentos, que têm mostrado resultados positivos em aliviar os sintomas de ansiedade (Coyle et al., 2011; Pine et al., 2020).

Desta forma, avaliar a eficácia e o impacto fisiológico e psicológico dos videojogos nos indivíduos, é uma área de investigação cada vez mais relevante (Wang et al., 2022). Neste estudo, foi selecionado o jogo *Energy*, que se enquadra na categoria dos COFSGs, no entanto pretende-se enquadrar o seu potencial na vertente *serious game*, uma vez que, segundo a empresa que desenvolveu o jogo (*Infinity Games*), o *Energy* recebeu várias indicações dos utilizadores sobre a sua propensão ao efeito percebido de redução de stress.

Para atingir este objetivo, recorreu-se à aplicação da espectroscopia funcional em infravermelho próximo (functional near-infrared spectroscopy [fNIRS]). Esta é uma técnica de neuroimagem não-invasiva tipicamente utilizada para medir a ativação funcional do cérebro (Tachtsidis, 2013) e que tem sido cada vez mais usada para monitorizar a atividade cerebral e detetar mudanças nos sinais hemodinâmicos (i.e., mudanças na concentração de oxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>) e de desoxihemoglobina (HHb) no córtex cerebral) enquanto os indivíduos se encontram envolvidos em tarefas, tal como seja o caso de jogar videojogos (Hattahara et al., 2008; Ninaus et al., 2014; Tachtsidis, 2013).

Desta forma, o presente estudo procura avaliar o impacto de um jogo para telemóvel (*Energy*) na redução da ansiedade e do stress, recorrendo não só a dados comportamentais, mas também a dados de neuroimagem por via do fNIRS. A escolha desta técnica recai no facto de permitir uma monitorização em tempo real da atividade cerebral e permitir a observação imediata do efeito do jogo nos níveis de ansiedade (Rahman et al., 2020). Mais especificamente, partindo da ideia de que o córtex pré-frontal (CPF) desempenha um papel importante na regulação de emoções e no controlo cognitivo. O fNIRS, a partir da medição de alterações dos níveis de HbO<sub>2</sub> e HHb no CPF, pode fornecer informação sobre a ativação neuronal associada à ansiedade durante o jogo (Aksoy et al., 2019).

Os resultados da presente investigação poderão informar não só a indústria de desenvolvimento de jogos que, cada vez mais, começa a ter em conta o potencial destes na saúde mental (Kowal et al., 2021), mas também contribuir com evidências para a diversificação de estratégias de *coping* na gestão da ansiedade, uma aplicação com crescente aumento de interesse.

## Enquadramento Teórico

A ansiedade é descrita como um estado emocional em que os indivíduos experienciam sentimentos de incerteza, apreensão, medo e desamparo quando antecipam uma situação ameaçadora (Goh et al., 2018). No entanto, é importante reconhecer que a ansiedade faz parte da vida normal (National Institute of Mental Health, 2024). Muitos indivíduos sentem ansiedade em relação à saúde, finanças ou questões familiares. Isto ocorre porque a ansiedade surge como uma resposta natural do nosso corpo a situações ameaçadoras, sendo uma característica inata e inerente ao ser humano (Perrotta, 2019). No entanto, quando a ansiedade ultrapassa a simples preocupação ou o medo passageiro, pode tornar-se patológica (Perrotta, 2019). Para aqueles que sofrem de ansiedade patológica, a sensação de ansiedade persiste e pode agravar-se com o tempo (National Institute of Mental Health, 2024). A ansiedade tem um impacto negativo na qualidade de vida do indivíduo, no seu funcionamento psicossocial e bem-estar (American Psychological Association [APA], 2013). Esses sintomas podem interferir nas atividades do dia a dia, como o desempenho nos estudos e no trabalho, frequentemente exigindo intervenção psicológica (Perrotta, 2019). Vários estudos têm demonstrado o impacto das perturbações de ansiedade na qualidade de vida dos indivíduos (Park et al., 2021; Yu et al., 2018). A título de exemplo, Park et al. (2021), mostrou que indivíduos com perturbações de ansiedade relatam ter um círculo social mais pequeno, um menor apoio social e realizam um menor número de atividades sociais, mostrando, portanto, um comprometimento no domínio social. Ao nível do funcionamento ocupacional, Yu et al. (2018), mostrou que indivíduos com a perturbação de ansiedade generalizada apresentam um menor envolvimento em atividades no trabalho e níveis de produtividade mais baixos.

Em 2019, mais de 2,25 milhões de portugueses viviam com uma doença do foro mental, representando 22 % da população (OCDE, 2023). As perturbações de ansiedade foram as mais frequentes, afetando aproximadamente 9% da população portuguesa (OCDE, 2023), enquanto a prevalência mundial corresponde atualmente a 7.3% (4.8%-10.9%). Segundo a Ordem dos Psicólogos Portugueses (OPP), um em cada seis portugueses apresenta uma perturbação de ansiedade (OPP, 2020). Com o aparecimento da pandemia de COVID-19, verificou-se, globalmente, um aumento dos níveis de stresse (29,6%) e ansiedade (31,9%) (Pallavinici et al., 2021). Entre as várias doenças mentais, as perturbações de ansiedade, como a fobia social, perturbação de ansiedade generalizada, perturbação de pânico com ou sem agorafobia, perturbação de ansiedade de separação e fobias específicas, são as mais prevalentes (Bandelow et al., 2017; Thibaut, 2017).

Geralmente, estas perturbações estão associadas a elevados custos de saúde e a uma carga significativa de doenças, o que torna o tratamento mais difícil para os não especialistas, levando frequentemente em subdiagnóstico e subtratamento nos cuidados primários (Thibaut, 2017). Além disso, os serviços especializados têm enfrentado dificuldades em atender a todos os casos (OCDE, 2023), especialmente após o aumento da incidência e prevalência de casos de depressão e ansiedade durante a pandemia de COVID-19, que evidenciou a incapacidade dos sistemas de saúde mental para responder com serviços presenciais individuais (Corruble, 2020). Por outro lado, uma revisão conduzida por Biagiant et al. (2023) sobre os efeitos das intervenções digitais orientadas em torno da Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC) em adultos com ansiedade e depressão, identificou diversos fatores que limitam a eficácia dessas intervenções. Entre esses fatores, destacam-se a falta de conhecimento e experiência dos profissionais em relação às intervenções digitais baseadas em TCC, o fato de essas intervenções não serem gratuitas, pois foram desenvolvidas para fins de pesquisa, e a falta de integração dessas intervenções na prestação padrão de cuidados de saúde (Biagianti et al., 2023). Além disso, a TCC exige um grande planejamento, nomeadamente devido ao número de sessões necessárias, o que pode representar uma sobrecarga para os indivíduos que trabalham nesta área ou para os que têm responsabilidades familiares (Taylor et al., 2012). As abordagens baseadas nos princípios da TCC que incluem a psicoeducação tendem, também, a ser pouco motivadoras para crianças e jovens, especialmente aqueles que não reconhecem ter um problema de saúde mental (Granic et al., 2014). Essas abordagens podem ainda ser de difícil acesso para indivíduos que vivem em áreas remotas, como zonas rurais (Granic et al., 2014). Por outro lado, além dos aspetos psicológicos, as perturbações de ansiedade podem manifestar-se em diversas situações clínicas. Quando os indivíduos são expostos a estímulos percebidos como ameaçadores, pode surgir uma resposta que provoca sintomas psicofisiológicos como tonturas, suores e aumento da frequência cardíaca (Adwas et al., 2019). No caso da ansiedade crónica, se não for tratada, pode originar vários outros problemas de saúde, incluindo doenças cardiovasculares, hipertensão e demência (Pan et al., 2015; Celano et al., 2016; Gulpers et al., 2016). No contexto atual, marcado pelo pós-pandemia de COVID-19, conflitos armados e incerteza económica e social podem intensificar a ocorrência de sintomas relacionados com problemas de saúde mental, o que, por sua vez, amplia a necessidade generalizada e constante de tratamentos nesta área (Kathirvel et al., 2020; Bürgin et al., 2022). Este cenário traz implicações sérias para a economia, para os indivíduos e para a sociedade, colocando ainda mais pressão sobre os sistemas de saúde mental já existentes (Silva et al., 2018; Marazziti et al., 2021). Assim, é essencial explorar soluções alternativas aos métodos tradicionais do tratamento da ansiedade.

A prática de jogar é uma tradição antiga, presente em todas as civilizações desde tempos remotos. Hoje em dia, os jogos são uma parte fundamental do quotidiano (Lambe t al., 2018), sendo geralmente associados a momentos de lazer e diversão (Werbach et al., 2012). A maneira como encaramos os jogos reflete o seu papel na sociedade, indicando que fazem parte da vida diária, mas muitas vezes como uma atividade secundária (Schöbel et al., 2021). Por essa razão, muitas pessoas não dão a devida importância ao verdadeiro significado dos jogos e ao seu impacto noutras áreas, como o desenvolvimento de competências práticas, o seu papel como exercícios, ou a sua função educativa, de simulação, ou psicológica (Schöbel et al., 2021).

O acesso à internet e aos computadores aumentou a acessibilidade aos videojogos, e em 2023, mais de oito em cada dez utilizadores com idades compreendidas entre os 16 e os 44 anos jogavam videojogos em algum dispositivo (Clement, 2024). Na sociedade atual, sem dúvida, os videojogos representam a forma mais comum de "jogo" (Nguyen et al., 2023). Esta forma de tecnologia foi concebida para o entretenimento e integra diferentes formas de jogo, como a competição, o azar e o role-playing, num ambiente de jogo (Green et al., 2015). Os videojogos comerciais são amplamente acessíveis e vão além de um simples passatempo; tornaram-se uma parte essencial da cultura e da sociedade moderna, estando cada vez mais integrados no dia a dia de crianças, jovens e adultos (Granic et al., 2014). Estes jogos disponibilizam aos jogadores várias atividades divertidas, incentivam a brincadeira sem regras e oferecem oportunidades de aprendizado únicas, desafiando os jogadores a explorar novas associações e regras em diversos cenários de jogo (Green et al., 2015). Além disso, os videojogos têm a capacidade de simular cenários e situações do mundo real, permitindo aos jogadores resolver problemas de forma criativa e sem repercussões no mundo real (Nguyen et al., 2023). Um número crescente de evidências recentes aponta para benefícios significativos associados à utilização de vídeo jogos comerciais nos domínios social (Granic et al., 2014; Neville et al., 2021), emocional (Granic et al., 2014; Hemenover et al., 2018) e cognitivo (Green et al., 2003; Granic et al., 2014; Kowal et al., 2018). No entanto, o impacto negativo do "jogo", com prejuízos relacionados com a dependência, agressividade e tristeza, tem sido objeto de vários estudos (Rehbein et al., 2010; Groves et al., 2017; Prescott et al., 2018). Por outro lado, setores como a educação (De Aguilera et al., 2003; Rosas et al., 2003; Arias, 2014; Kenwright, 2017) e a saúde mental (Carras et al., 2018; Pine et al., 2020; Kowal et al., 2021) recorrem cada vez mais aos videojogos. Na década de 1980, iniciou-se a utilização de videojogos para fins terapêuticos (Wilkinson et al., 2008). Nessa altura, verificou-se que crianças e adolescentes eram atraídos por esses jogos, mostrando uma clara preferência por este tipo de abordagem à aprendizagem (Griffiths, 2002; Wilkinson

et al., 2008). Contudo, na década de 1990, a investigação em saúde mental concentrou-se nos efeitos adversos dos videojogos, e foi apenas na década de 2000 que o argumento a favor da terapia com videojogos voltou a ganhar força (Wilkinson et al., 2008). Com o crescimento deste mercado, os profissionais passaram a utilizar os videojogos como ferramentas para, por exemplo, aumentar a mobilidade (Armiger et al., 2008; Hashim et al., 2021), tratar a perturbação de hiperatividade e défice de atenção (PHDA) (Penuelas-Calvo et al., 2022) e ajudar jovens com atraso grave ou com problemas de desenvolvimento, como o autismo (Gaylord-Ross et al., 1984). A natureza dos jogos evoluiu consideravelmente nos últimos anos tornando-se mais complexa, variada, realista e social, pelo que torna-se crucial ponderar esses possíveis ganhos para o desenvolvimento de crianças, jovens e adultos. Os videojogos são considerados uma das tecnologias mais cativantes, podendo ser usados para criar programas que visam diminuir o stress e a ansiedade, pois são estimulantes, envolventes e de fácil acesso (Granic et al., 2014).

Recentemente, tem-se observado uma crescente adesão aos videojogos como ferramenta para regular emoções e gerir a ansiedade, sendo mais uma ferramenta ao serviço da intervenção (Dekker et al., 2017). Numa revisão sistemática, Zayeni et al. (2020) avaliaram a eficácia de videojogos no tratamento ou prevenção de perturbações psiquiátricas em crianças e adolescentes. Nesta revisão, observaram que certos jogos disponíveis no mercado (por exemplo, *MindLight*, *Adventures aboard the S.S. GRIN*), podem ser eficazes no tratamento de sintomas gerais de ansiedade, diminuir a ansiedade social e promover a prevenção da ansiedade (Zayeni et al., 2020).

Um exemplo é o estudo conduzido por Pham et al. (2016), no qual foi desenvolvido o jogo, *Flowy*, com o objetivo de intervir na regulação da ansiedade através da ajuda na respiração (Pham et al., 2016). Os autores avaliaram a viabilidade e a eficácia clínica do jogo na regulação da ansiedade, do pânico e da hiperventilação em pacientes com perturbações comuns de saúde mental (Pham et al., 2016). Concluíram que o *Flowy* pode ser uma intervenção aceitável, demonstrando eficácia na regulação da sintomatologia em indivíduos com doença crónica que apresentam ansiedade, hiperventilação e pânico (Pham et al., 2016). Além disso, os participantes consideraram o *Flowy* uma intervenção divertida e útil (Pham et al., 2016).

Adicionalmente, noutro estudo realizado por Coyle et al. (2011), foi verificado o potencial terapêutico do jogo *gNats Island* (um jogo de computador que implementa os principais aspetos da TCC) em adolescentes. Os dados obtidos mostraram uma diminuição dos sintomas de ansiedade durante e após a intervenção (Coyle et al., 2011). Fish et al. (2018)

realizaram outro estudo, comparando os resultados de jogar *Plants vs. Zombies* com o uso de medicamentos em pessoas com ansiedade. Os autores observaram que os participantes que jogaram durante pelo menos meia hora, três vezes por semana, durante um mês, apresentaram melhorias significativas na redução da ansiedade em comparação com aqueles que seguiram o tratamento convencional com medicamentos (Fish et al., 2018).

A utilização terapêutica dos videogames tende a ter uma forte adesão, devido à sua natureza envolvente, atrativa e desafiadora, e proporcionando uma aprendizagem mais significativa em comparação com as intervenções tradicionais (Lau et al., 2017). Além de cativantes e divertidos, os videogames estimulam a síntese de dopamina, um neurotransmissor associado à sensação de prazer, motivação e recompensa (Koepp et al., 1998). Segundo McGonigal (2011, p. 4): “(...) na sociedade de hoje, computadores e videogames estão a preencher as necessidades humanas que o mundo real atualmente não consegue satisfazer. Os jogos oferecem recompensas que a realidade não consegue. Eles ensinam, inspiram e envolvem-nos de uma maneira que a realidade não consegue. Eles unem-nos de maneiras que a realidade não consegue”.

### **COFSG e *Serious Games***

Quando os videogames são desenvolvidos especificamente para o domínio da saúde mental, com um propósito sério, são denominados “*serious games*” (Boldi et al., 2022). Assim, embora os COFSG e os *serious games* tenham sido desenhados para diferentes propósitos (Becker et al., 2016), vários estudos demonstram a sua utilização na área da saúde, com alguns deles a mostrar um claro interesse na utilização destes jogos para fins de saúde mental (Dias et al., 2018; Eichenberg et al., 2017; Kowal et al., 2021; Pine et al., 2020).

Os COFSG são desenhados, geralmente, para fins de entretenimento sem um objetivo específico e único, de modo a serem envolventes, atrativos e divertidos (Boldi et al., 2022). Vários estudos têm apresentado o possível potencial dos COFSG como ferramenta de intervenção nos problemas de saúde mental, em particular na ansiedade, para além do propósito de mero entretenimento. Os resultados neste campo têm sido promissores e de facto, a evidência mostra que, jogar COFSG está positivamente correlacionado com o bem-estar (Johannes et al., 2021). A título de exemplo, o jogo *Bejeweled* tem mostrado eficácia na mitigação da ansiedade através da diminuição dos níveis de ansiedade geral (Pine et al., 2020).

Já os *serious games*, são um tipo particular de jogos, desenvolvidos com o principal objetivo que não seja o puro entretenimento, mas a solução de problemas (Pilote et al., 2019). A introdução do termo *serious game* pode ser atribuída a Clark C. Abt em 1970 (Abt, 1987).

Abt assume que “*serious games*” “têm um propósito educacional explícito e cuidadosamente pensado e não se destinam a ser jogados principalmente para diversão”. No livro "*Serious Games*", Clark Abt, descreve novas técnicas de jogos e simulações que podem capacitar os indivíduos a tomar decisões na indústria, governo, educação e relações pessoais. Estes jogos são desenhados com o propósito de desenvolver competências, mudar comportamentos e adquirir conhecimento (Quwaider et al., 2019; Susi et al., 2007), podendo aparecer em várias modalidades, incluindo tablets, telemóveis, realidade virtual e computadores (Aksoy et al., 2019). Estes jogos, através da instrução e treino de habilidades, os indivíduos podem adquirir um sólido entendimento de um assunto específico e a aquisição de habilidades complexas (Pilote et al., 2019; Slimani et al., 2016). Em relação aos *serious games*, tem vindo a verificar-se um acelerado crescimento tanto a nível da indústria como a nível da investigação académica (de Vlieger et al., 2021; Speelman et al., 2019; Vervoort et al., 2022). No caso da investigação académica, esta está mais centrada para a saúde ou a educação, no entanto encontram-se trabalhos relevantes noutras áreas, tais como bem-estar, património cultural, publicidade e comunicação interpessoal (Laamarti et al., 2014).

Vários estudos (e.g., Jonsdottir et al., 2018) demonstraram que, embora os *serious games* personalizados sejam mais eficazes clinicamente, os COFSG parecem ser mais eficazes no envolvimento dos pacientes e em fazer com que estes pacientes sintam que a sua saúde está a melhorar (Vieira et al., 2022). Não existem estudos que corroborem esta situação, no entanto pode estar relacionada com as características, regras, conteúdo e design do jogo (Vieira et al., 2022).

Segundo Encarnação (2009), existe um alto custo associado ao desenvolvimento de intervenções baseadas em videojogos, nomeadamente os *serious games*, uma vez que exige que se estabeleçam interfaces e padrões de interoperabilidade. O princípio seria a utilização dos COFSG como base para os *serious games*, desta forma, apenas seria necessário adicionar a componente do desenvolvimento de competências. Desta forma, podemos incorporar os elementos terapêuticos dos *serious games* com os elementos atrativos, o sistema de recompensa e o progresso no jogo dos COFSG. Adicionalmente, aliado ao baixo custo dos COFSG, estes são facilmente acessíveis e encontrados no mercado e já se constituem como uma prática no dia-a-dia dos indivíduos (Boldi et al., 2022; Steadman et al., 2014).

### ***Serious Games* e Saúde Mental**

Atualmente, tem-se observado a aplicação de *serious games* em contexto clínico (Fitzgerald et al., 2020). Existem indivíduos que apresentam maior resistência ao tratamento, e

por isso torna-se mais difícil o seu envolvimento no mesmo. Considerando este cenário, tem-se introduzido os *serious games* como uma nova forma de tratamento para este tipo de grupo (Fitzgerald et al., 2020). Neste seguimento, a necessidade de inovação e de apresentação de novas abordagens aos indivíduos que procuram ajuda profissional é uma constante. As características intrínsecas e o design presentes nos videojogos, como o serem lúdicos, envolventes, a interatividade, a imersão e a facilidade de adaptação aos usuários, combinado com a acessibilidade e o baixo custo do telemóvel/tablet, pode tornar-se uma forma de tratamento mais cativante, acessível e divertida (Gómez-Cambroneró et al., 2024).

Segundo David et al. (2020), os *serious games* podem apresentar um conjunto de vantagens, nomeadamente, ser uma ferramenta clínica complementar no tratamento de problemas de saúde mental. Pode também ser usada como uma estratégia de prevenção e promoção de hábitos e mudanças comportamentais ligados à manutenção de saúde. Do ponto de vista do paciente, estes jogos podem desempenhar um papel importante na deteção de sintomas, na prevenção de problemas de saúde mental e na promoção de atividades de estimulação cognitiva de forma a reduzir a probabilidade de desenvolvimento de problemas de saúde mental (Muñoz et al., 2022).

Adicionalmente, de acordo com González-González et al. (2019), as características dos *serious games* ajudam no desenvolvimento de competências cognitivas, como a memória e o raciocínio. Podem ajudar no desenvolvimento de capacidades motoras, i.e., equilíbrio, postura e coordenação, além de contribuírem para o desenvolvimento de habilidades percetivo-motoras, como o ritmo, esquema corporal e habilidades espaciais e temporais.

De acordo com Gómez-Cambroneró et al. (2024), os *serious games* podem ainda também desempenhar dois grandes papéis ao nível do tratamento psicológico. Alguns podem funcionar como tratamento individualizado ou como ferramenta de avaliação (i.e., o jogo pode ser capaz de fornecer informação ao utilizador sobre o seu estado psicológico, emoções, habilidades cognitivas ou comportamentos). Outros tipos de *serious games* podem servir como apoio complementar dentro de um contexto terapêutico mais abrangente, permitindo assim uma abordagem terapêutica mais ampla. Segundo estes autores, os *serious games* podem seguir uma lógica de autoadministração, em que o indivíduo não necessita de uma supervisão direta por parte do terapeuta ou pode ser utilizado como ferramenta complementar ao trabalho do terapeuta.

## **Utilização do fNIRS na Saúde Mental**

Neste presente estudo, o fNIRS foi usado para medir as alterações nas concentrações de oxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>) e na desoxihemoglobina (HHb) e, conseqüentemente, medir a ativação cerebral. Um aumento de HbO<sub>2</sub> está associado a um aumento da atividade cerebral, por outro lado, a diminuição de HbO<sub>2</sub> está associado a uma diminuição da atividade cerebral (Pinti et al., 2020; Plichta et al., 2006; Rahman et al., 2020). O fNIRS apresenta a vantagem de ser menos propenso a artefactos de movimentos e ter uma maior resolução espacial (Papasideris et al., 2021).

Devido à curta distância entre o couro cabeludo e o cérebro na região frontal, o fNIRS consegue facilmente monitorizar a atividade do CPF (Yu et al., 2023). Portanto esta será a área cerebral que vai ser estudada. Para além disso, existe uma relação entre o CPF e a ansiedade. O CPF desempenha um papel importante na regulação dos processos neurais, nomeadamente na previsão, na aprendizagem e na regulação de ameaças que contribuem para a ansiedade (Kenwood et al., 2022). Adicionalmente, a ansiedade pode ter impacto na performance cognitiva especialmente na função executiva, que é regulada pelo CPF (Wu et al., 2022).

De acordo com um estudo realizado por Wang et al., (2024), foram recrutados 118 participantes, que foram divididos em dois grupos de 59 participantes, um grupo diagnosticado com perturbações de ansiedade e um grupo saudável respetivamente. Os participantes foram submetidos a uma tarefa de Stroop e a uma tarefa de fluência verbal, enquanto as alterações das concentrações de HbO<sub>2</sub> foram medidas usando o fNIRS. Os resultados mostraram que o grupo de ansiedade mostrou uma diminuição das concentrações de HbO<sub>2</sub> no CPF, o que indica uma menor ativação neural do mesmo, comparado com o grupo saudável.

No entanto, os estudos realizados nesta área mostram resultados variados. A título de exemplo, Kawashima et al., (2016), observaram que o CPF esquerdo mostra uma maior ativação durante uma tarefa de fluência verbal em indivíduos com perturbação de ansiedade. Os resultados são inconsistentes e há necessidade de maior investigação neste área. Neste sentido, o presente estudo também pretende contribuir para perceber as alterações que ocorrem no CPF em indivíduos que não apresentam um diagnóstico de perturbação mental quando submetidos a uma tarefa que ativa o stress e outra que tem efeito redutor de stress.

## **Aplicação do fNIRS nos Videojogos**

A atividade cerebral tem sido amplamente estudada ao longo das últimas décadas para compreender os processos cognitivos e emocionais subjacentes a várias tarefas e contextos (Freeman et al., 2009; Shin et al., 2015), sendo que o contexto dos videojogos não é exceção.

Neste seguimento, o presente estudo pretende contribuir para a utilização dos fNIRS na exploração da influência dos videojogos nos níveis de ansiedade e na ativação cerebral dos participantes.

Alguns estudos, com recurso ao fNIRS, têm apresentado o impacto dos videojogos no CPF. A título de exemplo, Girouard et al. (2009) demonstraram que, recorrendo ao fNIRS, é possível diferenciar entre o estado de repouso do cérebro a sua ativação durante o jogo. Adicionalmente, num estudo realizado por Izzetoglu et al. (2004), os autores observaram que há uma diminuição dos níveis de oxigenação no córtex pré-frontal dorsolateral CPFDL quando os participantes estavam envolvidos no jogo. Num outro estudo, conduzido por Matsuda et al. (2006), os autores concluíram que ocorre uma diminuição significativa de HbO<sub>2</sub> no CPFDL na maioria das crianças. Os autores explicam que esta diminuição pode resultar da inibição neural, resultado do esforço atencional exigido pelo jogo. Nagamitsu et al. (2006), observaram variações na concentração total de HbO<sub>2</sub> e HbB na região pré-frontal durante o jogo, tanto em crianças como adultos. Estas alterações podem ser influenciadas pela performance do indivíduo no jogo, por respostas fisiológicas e pelos níveis de atenção do indivíduo.

Por outro lado, um outro estudo, realizado por Yu et al. (2022), demonstrou que indivíduos que jogam vídeo jogos com mais frequência, têm níveis relativamente mais altos de HbO<sub>2</sub> no córtex pré-frontal ventral (CPFV) e tendem a ter uma maior ativação na área pré-frontal em jogos de dificuldade média e alta, isto em comparação com não-jogadores de vídeo jogos. O CPFV está relacionado com a inibição da atividade da amígdala, o que implica uma menor indução de ansiedade, pelo que, indivíduos que usualmente jogam vídeo jogos têm uma maior ativação desta região e, portanto, o CPFV ajuda os jogadores a regularem de forma mais eficaz a resposta à ansiedade (Yu et al., 2022). Também num estudo realizado por Klarkowski et al. (2022), os autores avaliaram a resposta hemodinâmica no CPF de 37 participantes quando expostos a um videojogo com três níveis de dificuldade. Os resultados obtidos mostram um aumento da atividade no CPF há medida que a dificuldade do jogo aumenta, isto sugere que os participantes necessitaram de mobilizar mais recursos cognitivos.

Portanto, esta é uma área cerebral relevante no contexto do presente estudo e que pode fornecer informação sobre o impacto que os jogos para telemóveis podem ter nos níveis de ansiedade.

Assim, após esta revisão da literatura, conclui-se que os videojogos têm um potencial terapêutico no que diz respeito à regulação e diminuição dos níveis de ansiedade. Adicionalmente, estes podem mostrar-se como um aliado à intervenção psicológica tradicional,

apresentado a vantagem de serem modernos, acessíveis e serem uma forma mais envolventes de intervir nos problemas de saúde mental.

Desta forma, este estudo pretende (i) avaliar o impacto do jogo para telemóvel "*Energy*" na redução da ansiedade e stress através da combinação de dados comportamentais e neuroimagem, utilizando a técnica de espectroscopia funcional em infravermelho próximo (fNIRS); (ii) explorar as alterações hemodinâmicas no CPF durante a interação com o jogo "*Energy*", com o propósito de compreender como a ativação cerebral nessa área está relacionada com os níveis de ansiedade e stress; e (iii) contribuir para a validação científica do uso de videojogos comerciais como possíveis ferramentas auxiliares no tratamento de perturbações de ansiedade. Por fim, espera-se contribuir para expandir o conhecimento existente sobre a aplicação dos videojogos na saúde mental, destacando a necessidade de mais investigação neste campo, uma vez que, ainda não existe consenso em certos tópicos abordados ao longo do enquadramento teórico, bem como a importância de validar este tipo de jogos, por meio de técnicas de neuroimagem, antes de chegarem ao mercado.

## Método

Foi desenvolvido um protocolo para testar a resposta ao stress quando os participantes eram expostos ao jogo *Energy*. Neste estudo foi utilizado um design intra-sujeitos, uma vez que tem como objetivo de avaliar se o videojogo *Energy* tem impacto ao nível da diminuição da ansiedade dos participantes.

Neste seguimento, levantaram-se as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 (H1): Espera-se que os estados emocionais, medidos pelo *affective slider*, estejam diretamente relacionados com a atividade a ativação cerebral no córtex pré-frontal (CPF), conforme registado pelas mudanças nas concentrações de oxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>) e desoxihemoglobina (HHb) medidas através do fNIRS.

Hipótese 2 (H2): Após a exposição ao *Energy*, espera-se que ocorram mudanças significativas no padrão de ativação do córtex pré-frontal, especialmente nas áreas envolvidas na regulação emocional e no controlo cognitivo, refletindo a resposta ao stress induzido pelo jogo.

Hipótese 3 (H3): Espera-se que, após a interação com o jogo *Energy*, os participantes apresentem uma redução significativa nos níveis de ansiedade, tanto a nível subjetivo (autorrelato) quanto a nível fisiológico, medida pela ativação do CPF.

## Amostra

A seleção da amostra foi feita através de um procedimento não aleatório por conveniência. Especificamente, foram recrutados 33 participantes com idade superior a 18 anos, tendo como critério de exclusão a existência de um diagnóstico atual de condição clínica psicológica ou psiquiátrica.

Neste seguimento, a amostra final incluiu 29 mulheres (87.2%) e 4 homens (10.3%), com uma idade entre os 18 e os 38 ( $M = 21.97$ ,  $DP = 3.38$ ). No que toca ao seu nível académico, 42.4% dos participante têm o ensino secundário, 51.5% têm licenciatura, 3% têm o mestrado e 3% têm doutoramento.

Relativamente à experiência prévia com videojogos, 84.8% dos participantes reportaram ter experiência com videojogos, tendo 6.1% reportado jogar diariamente, 33,3% algumas vezes por semana, 48.5% raramente e 12.1% nunca. O recurso a outros dispositivos

(e.g.: consolas, computador) para jogar foi reportado por, 66.7% dos participantes, 15.2% dos quais utilizava tablet/ipad, 24.2% utilizava computador e 12.1% utilizava consolas.

Todos os participantes leram e preencheram o consentimento informado (ver Anexo A) antes de iniciar a sua colaboração no estudo. O estudo foi aprovado pela comissão ética da instituição.

## **Instrumentos**

Os instrumentos que foram usados no presente estudo são um questionário sociodemográfico, o *State-Trait Anxiety Inventory* (STAI, Spielberger et al., 1983, versão traduzida e adaptada para português por Silva & Spielberger, 2007), e um instrumento de autorrelato (*affective slider*).

### ***Questionário Sociodemográfico***

Foi desenhado para recolher dados relacionados com a idade, sexo, habilitações literárias, estado civil, experiência prévia em jogos de telemóvel, frequência de jogo e utilização de outros dispositivos para além do telemóvel, como computador, playstation, entre outros dispositivos para jogos (ver Anexo B).

### ***State-Trait Anxiety Inventory***

O STAI (Spielberger et al., 1983, versão traduzida e adaptada para português por Silva & Spielberger, 2007), trata-se de um questionário de autorrelato, que tem como principal objetivo avaliar a ansiedade-estado (STAI-Y1) e a ansiedade-traço (STAI-Y2) do indivíduo. Spielberger (1979) define a ansiedade-estado como um momento transitório na vida emocional do indivíduo, caracterizado por sentimentos subjetivos de tensão, nervosismo, apreensão, preocupação, entre outros. Por outro lado, a ansiedade-traço refere-se a uma pré-disposição individual para percecionar o mundo como mais perigoso e ameaçador, havendo uma tendência para reagir de forma mais persistente e intensa. Este instrumento é composto por duas escalas: a escala de ansiedade-estado constituída por 20 itens e a escala de ansiedade-traço, também constituída por 20 itens. As respostas são dadas numa escala do tipo Likert de 4 pontos (STAI-Y1: 1 – “nada”, 2 – “um pouco”, 3 – “moderadamente” e 4 – “muito”; STAI-Y2: 1 – “quase nunca”, 2 – “algumas vezes”, 3 – “frequentemente” e 4 – “quase sempre”). Cada escala tem uma cotação máxima de 80 pontos e cotação mínima de 20 pontos, sendo que quanto mais alta é a pontuação mais elevado são os níveis de sintomatologia ansiosa reportados pelos sujeitos (Silva, 2003). No que diz respeito às qualidades psicométricas, o instrumento possui um

adequado nível de consistência interna e fidelidade teste-reteste (Spielberger et al., 1983). Estudos com a população portuguesa também mostraram boas qualidades psicométricas (Silva et al., 1998).

### ***Trier Social Stress Test (TSST)***

Este procedimento foi aplicado uma vez ao longo do protocolo, de forma a induzir stress (controlado) no participante (Allen et al., 2016). Mais especificamente, cada participante foi exposto a um conjunto de equações matemáticas geradas automaticamente por um programa computadorizado. Ao participante é pedido que resolva as equações mentalmente, sem acesso a outros recursos e que, de seguida, digite uma resposta.

Com este procedimento, espera-se que o participante atinja um estado de maior stress, de forma a averiguar o efeito do jogo *Energy* a este nível. Por outras palavras, ao comparar o nível de stress no início jogo e com o nível no fim do jogo, será possível avaliar se o jogo apresenta um efeito redutor de stress.

### ***Energy***

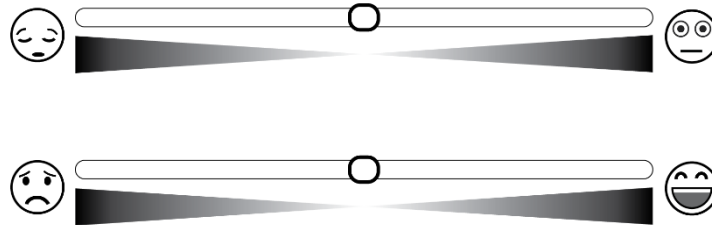
O jogo *Energy* (ver Anexo C) foi desenvolvido pela *Infinity Games*, uma empresa parceira do Human Neurobehavioral Laboratory (HNL, FEP-UCP) e foi o jogo de telemóvel utilizado neste estudo. É um jogo construído por quebra-cabeças, em que o participante tem de conectar várias linhas, através do toque, de forma a completar um circuito. De acordo com o editor do jogo, os utilizadores têm indicado a propensão deste jogo para causar um efeito percebido de redução do stress. No entanto, esta indicação ainda necessita de validação empírica, ainda que o jogo tenha sido desenvolvido com o propósito de ter efeitos sobre o nível de ansiedade e stress.

### ***Affective Slider/Medida de Autorrelato de Ansiedade Percebida no Momento (MAAPM)***

Ao fim de cada tarefa (TSST e *Energy*) o participante foi convidado a indicar o seu estado emocional num continuum para avaliar a ativação/estado de alerta e a valência. Relativamente à ativação o ponto mínimo corresponde à calma, o ponto máximo corresponde à ativação; no que diz respeito à valência o ponto mínimo corresponde à tristeza, o ponto máximo corresponde à felicidade. Esta medida permitiu comparar o impacto do jogo nos níveis de ansiedade. A interface de classificação é mostrada na Figura 1.

## Figura 1

*Interface de Avaliação da Ativação/Estado de Alerta e Valência.*



*Nota.* O *affective slider* (Betella & Verschure, 2016) é uma medida de autorrelato composto por duas escalas num continuum que medem as emoções ao nível da ativação/estado de alerta (acima) e da valência (abaixo).

### Recolha da Atividade Cerebral

O registo da atividade cerebral foi obtido através do fNIRS. Neste estudo foi utilizado um sistema fNIRS de onda contínua (fNIRS Devices, LLC, Potomac, MD, Estados Unidos), de forma a monitorizar o sinal hemodinâmico no córtex pré-frontal. O fNIRS era composto por sete detetores (D1-D7) e oito fontes de luz (S1-S8) posicionados no CPF (ver Figura 2). Os dados obtidos durante a recolha foram registados através do programa Aurora. Para análise dos dados de fNIRS, foram aplicadas três métricas: a energia dos sinais de fNIRS, a Dimensão Fractal de *Higuchi* (DFH) e a Entropia Espectral (EE).

A energia de um sinal é uma medida da magnitude total de um sinal ao longo do tempo (Ribeiro, 2022). Refletindo a intensidade global da atividade numa determinada região cerebral, nomeadamente o CPF no caso do presente estudo. Esta energia pode ser utilizada para determinar o nível de ativação neuronal durante diversas fases da experiência. Quando um sinal tem um nível de energia mais baixo é, normalmente, indicativo de um estado de menor ativação, como sejam estados de repouso. Durante estados de maior ativação, como sejam estados de maior stress, a energia do sinal tende a aumentar, refletindo uma maior ativação cerebral (Side, 2012).

No caso do fNIRS, é possível tirar partido do sinal BOLD (Blood Oxygen Level Dependent), que reflete mudanças no nível de oxigenação do sangue em resposta à atividade cerebral (Hoshi, 2016). Usar a energia do sinal BOLD para quantificar a atividade cerebral pode ajudar a entender melhor como diferentes tarefas ou estímulos afetam a função cerebral

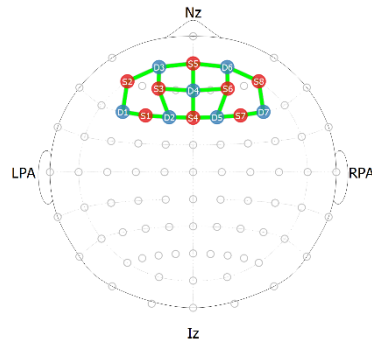
(Robinson et al., 2006). No presente estudo, espera-se que durante o TSST, a energia do sinal aumente devido à demanda cognitiva e emocional associada a um maior estado de ativação. Por outro lado, espera-se que durante o *Energy* haja uma diminuição da energia do sinal, refletindo um estado mais próximo do relaxamento.

A DFH, por seu turno, mede a complexidade do sinal ao longo do tempo (Kesić et al., 2016). Espera-se que durante o TSST, a DFH apresente valores mais elevados, visto que se espera que o nível de ativação seja aumentado nesta fase da experiência. Prevê-se que este estado, por sua vez, provoque variações rápidas e não lineares nos sinais, aumentando a dimensão fractal. Este aumento na dimensão fractal reflete a necessidade do cérebro se adaptar a um ambiente de elevada exigência. Em contraste, durante o *Energy*, espera-se que a DFH seja mais baixa. Presume-se que a natureza relaxante do jogo resulte na diminuição da complexidade dos sinais e em respostas mais regulares e menos caóticas à medida que o participante atinge um estado de maior relaxamento.

Já a EE quantifica a irregularidade, complexidade ou o grau de desordem de um sinal considerando como a sua energia se distribui no espectro de frequências. Portanto, a EE calcula e avalia o quão uniformemente a energia presente em cada frequência está distribuída (Nunes et al., 2004). Um valor mais elevado de EE traduz-se numa maior variabilidade ou desordem do sinal, uma vez que, a energia encontra-se espalhada em mais frequências. Por outro lado, valores mais baixos sugerem uma maior organização e um sinal mais regular, uma vez que, a energia do sinal está concentrada em poucas frequências (Nunes et al., 2004). É esperado que durante o TSST, a EE apresente valores mais elevados devido ao estado emocional de maior stress provocado pelo envolvimento na resolução de equações matemática, refletindo-se numa maior dispersão de energia ao longo do espectro de frequências. Já durante o *Energy*, espera-se valores mais baixos de EE, dado que se antecipa que a exigência emocional seja significativamente mais baixa, refletindo uma atividade cerebral mais estável e uma energia concentrada em menos frequências.

## Figura 2

### Configuração da Touca de fNIRS.



*Nota.* A espectroscopia funcional em infravermelho próximo (*functional Near-Infrared Spectroscopy* - fNIRS) é utilizado para medir os níveis de HbO<sub>2</sub> e HHb do cérebro. A figura mostra a configuração da touca fNIRS com sete detectores (D1 a D7) e oito fontes de luz (S1 a S8) na região do CPF usada no presente estudo.

## Procedimentos

A recolha de dados foi realizada no *HNL*, e o estudo foi divulgado através das redes sociais. Os instrumentos de autorrelato e as medidas neurofisiológicas foram aplicadas numa única sessão, tendo cada sessão sido realizada com cada participante nas instalações do laboratório.

## Recolha de Dados

Para testar o efeito do *Energy* nos níveis de ansiedade dos participantes, foi desenvolvido um protocolo composto por duas fases: a fase pré-laboratorial e a fase laboratorial. É importante referir que este estudo foi combinado com outro estudo que também apresentava uma tarefa stressora. Na primeira fases, os participantes assinaram o consentimento informado e preencheram o questionário sociodemográfico, assim como o inventário da ansiedade de estado e de traço, tal como se segue:

## **Fase 1 (Pré-laboratorial)**

Os participantes preencheram três formulários, um relativo ao consentimento informado, outro para obter informações sociodemográficas e o STAI-Y1 e o STAI-Y2 na seguinte ordem:

- i. Leitura e assinatura do formulário de consentimento.
- ii. Preenchimento do questionário sociodemográfico.
- iii. Preenchimento do STAI-Y1 e STAI-Y2.

Já na fase laboratorial, os participantes foram expostos ao jogo e efetuou-se a recolha através do fNIRS, tal como descrito na próxima fase.

## **Fase 2 (Laboratorial)**

Os participantes foram convidados a se dirigirem às instalações do laboratório onde se realizou a recolha de dados.

Já em contexto laboratorial foram realizados os seguintes passos:

- a. Foi apresentado aos participantes um tutorial contemplando os objetivos e a mecânica do jogo. Mais especificamente, foi pedido aos participantes que jogassem o *Energy* até atingirem o nível 10, de forma a garantir um nível similar de familiaridade de cada participante com o jogo.
- b. O fNIRS foi colocado nos participantes e deu-se uma pequena explicação sobre o equipamento e o processo de recolha de dados.
- c. Fase do TSST em que os participantes foram expostos a 10 equações geradas automaticamente, com tempo limite.
- d. Apresentação de um *affective slider* para o autorrelato de ansiedade percebido pelo participante.
- e. Fase do *Energy*, onde os participantes eram convidados a resolver os puzzles do jogo *Energy* durante 10 minutos, a partir do ponto em que tinham parado no tutorial inicial.
- f. No fim, foi novamente apresentado um *affective slider*. A aplicação deste instrumento de autorrelato permitiu controlar os níveis de ansiedade antes do indivíduo ser exposto ao jogo e depois de ter terminado o jogo, permitindo a sua comparação.

No final de cada sessão laboratorial, retirava-se a touca do fNIRS e acompanhava-se o participante até à saída do laboratório.

## *Análise de Dados*

Devida à natureza quantitativa do estudo, recorreremos ao software Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS, versão 29.0). Inicialmente, para a caracterização da amostra recorreremos a medidas de estatística descritiva, nomeadamente medidas de tendência central e de dispersão (Martins, 2011).

Para além disso, atendendo ao tamanho da amostra, a normalidade dos dados foi testada através do teste *Kolmogorov-Smirnov*, tendo-se verificado uma distribuição não normal e que, portanto, indica a necessidade de se recorrer a testes não-paramétricos.

Realizou-se, ainda, a análise das métricas (energia dos sinais de fNIRS, DFH e EE) através de *boxplots*. Através da análise dos *boxplots* verificou-se que nas métricas, oito participantes apresentavam valores de energia acima do esperado, desta forma, esses outliers foram retirados devido ao seu valor exagerado. Para as análises aqui planeadas e por convenção, o valor de  $p < .05$  foi usado como referência para considerar os resultados como sendo estatisticamente significativos. De seguida, foram realizados novos *boxplots*, apresentados nos resultados.

Mais especificamente, foram realizadas correlações de Spearman, uma vez que os dados não seguem uma distribuição normal, para verificar se há uma relação entre a energia de um sinal e as respostas emocionais durante o TSST (nomeadamente a valência e a ativação emocional obtidas a partir do *affective slider*).

O teste  $t$  não paramétrico para amostras emparelhadas foi utilizado para verificar se existem diferenças entre a energia do sinal no CPF durante o TSST e durante o *Energy*. O mesmo procedimento foi realizado para a DFH e para a EE nas mesmas condições referidas anteriormente.

Foi aplicado o teste  $t$  não paramétrico para amostras emparelhadas para verificar a existência de diferenças nos níveis de ativação emocional depois do TSST e depois do *Energy*, e para verificar se existem diferenças nos níveis de valência emocional depois do TSST e depois do *Energy*.

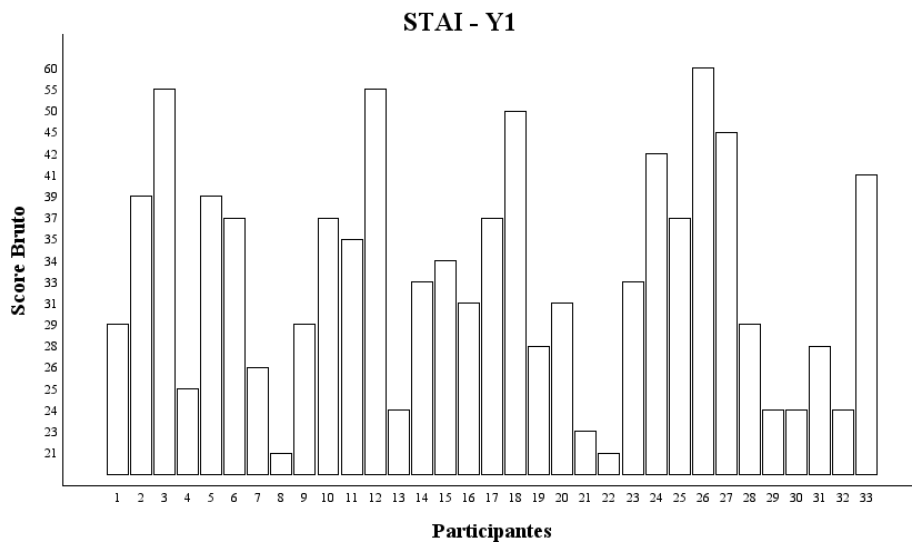
Por fim, foram ainda analisados os mapas da ativação cerebral durante o TSST e durante o *Energy*.

## Resultados

As Figuras 3 e 4 representam as pontuações obtidas pelos participantes no STAI-Y1 e STAI-Y2 respetivamente. Relativamente ao STAI-Y1, a média das pontuações obtidas pelos participantes foi de 34.12 ( $DP = 10.16$ ), sendo que dos 33 participantes apenas 3 obtiveram uma pontuação acima dos 50 pontos. No STAI-Y2, a média das pontuações corresponde a 42.58 ( $DP = 10.13$ ), verificando-se que dos 33 participantes, 7 obtiveram uma pontuação acima dos 50 pontos.

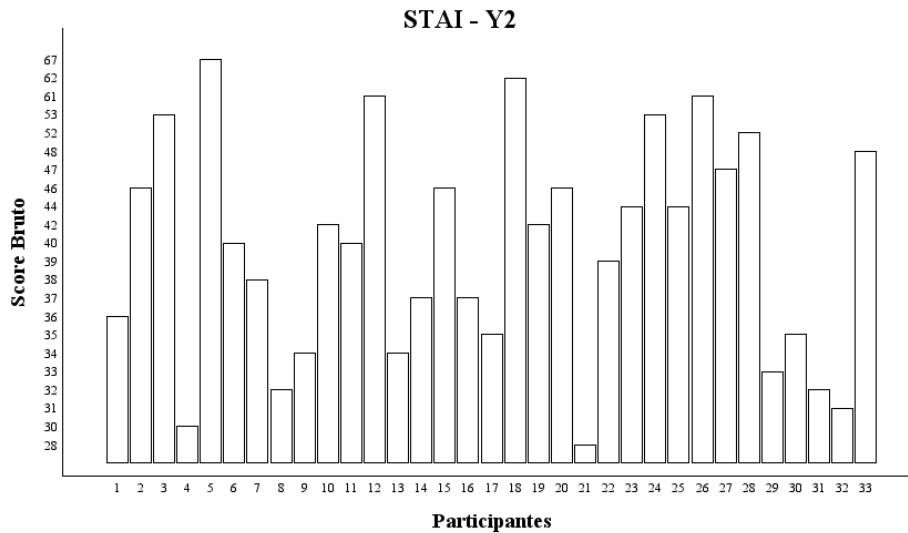
### Figura 3

*Pontuações Obtidas pelos Participantes no Inventário de Ansiedade-Estado.*



## Figura 4

*Pontuações Obtidas pelos Participantes no Inventário de Ansiedade-Traço.*



A partir do coeficiente de correlação de Spearman, verificou-se que existe uma correlação estatisticamente significativa entre as pontuações obtidas a partir do STAI-Y1 e o STAI-Y2,  $r_s(33) = .82, p < .001$ .

### Hipótese 1

Para testar a hipótese de que estados emocionais, medidos pelo *affective slider*, estão diretamente relacionados com a atividade a ativação cerebral no CPF, realizou-se uma Correlação de Spearman, uma vez que os dados não seguiram uma distribuição normal.

O coeficiente de correlação encontrado entre a energia do sinal de fNIRS e a ativação emocional durante o TSST foi de  $-.07, p = .69$ , sendo que estamos perante uma ausência de correlação estatisticamente significativa entre as variáveis, sugerindo uma ausência de associação entre a energia do sinal e a ativação emocional durante o TSST.

Já o coeficiente de correlação encontrado entre a energia do sinal de fNIRS e a valência emocional durante o TSST foi de  $.03, p = .88$ , o que também sugere a ausência de uma associação estatisticamente significativa entre estas duas variáveis.

Considerando o coeficiente de correlação entre os níveis de energia registados durante o TSST e a ativação emocional durante esta mesma fase, o valor encontrado foi de  $-.11, p = .57$ . Este resultado sugere que não há associação entre a energia do sinal durante o TSST e a ativação emocional durante o TSST. Um resultado similar foi observado entre os níveis de energia

registados durante o TSST e a valência emocional durante o TSST, dado que o coeficiente de correlação foi de  $.30, p = .09$ .

## Hipótese 2

Para testar a hipótese de que após a exposição ao *Energy*, espera-se que ocorram mudanças significativas no padrão de ativação do córtex pré-frontal, foi aplicado um teste *t* não paramétrico para amostras emparelhadas.

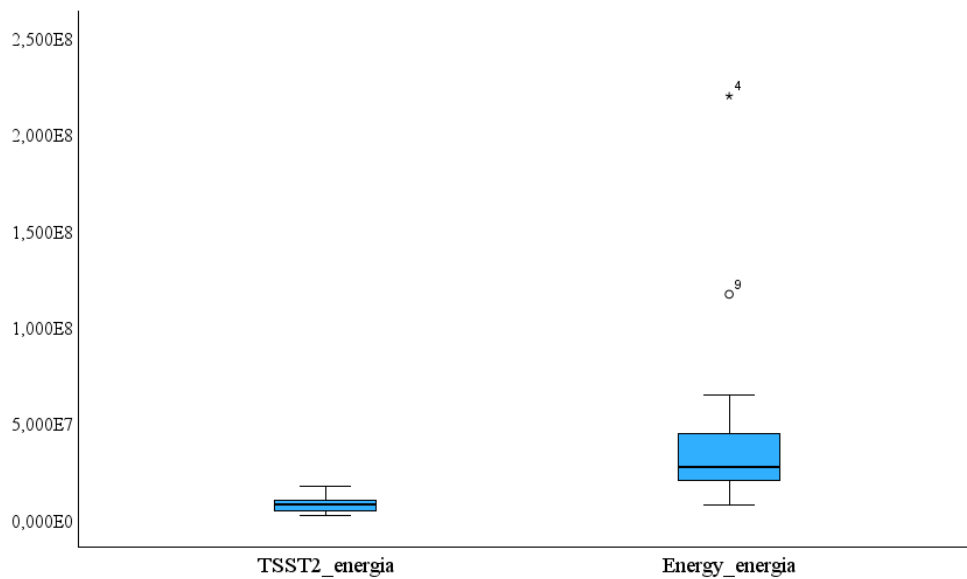
Através da análise dos *boxplots* verificou-se que nas métricas, oito participantes apresentavam valores de energia acima do esperado, desta forma, esses *outliers* foram retirados devido ao seu valor exagerado. Portanto, os resultados constituem os dados de 25 participantes. Após se terem retirado os *outliers* foram feitos novos *boxplots*, apresentados abaixo.

Em relação às variáveis “energia registada durante o TSST” e “energia registada durante o *Energy*”, observou-se que, dos 33 elementos considerados na amostra deste projeto, 25 contribuíram para os resultados apresentados. Considerando a amostra inicial, foram retirados 8 *outliers* devido aos valores de energia acima do esperado. Nestes 25 indivíduos, verificou-se que a energia durante o *Energy* foi superior à energia durante o TSST (ver Figura 5), indicando a existência de diferenças significativas entre os níveis de energia durante o TSST e os níveis de energia durante o *Energy*,  $Z = 4.37, p < .001$ .

Através da análise dos resultados apresentados pelos *boxplots* comparativos entre a TSST e o *Energy* (ver Figura 5), constata-se que o *Energy* evidencia uma mediana significativamente superior, sugerindo uma maior energia na resposta a esta condição. O *boxplot* do *Energy* apresenta uma maior dispersão dos dados, com um Intervalo Interquartil (IQR) superior em relação ao TSST, o que é indicativo de uma maior variação nos valores de energia. Além disso, o *Energy* mostra alguns *outliers*, indicando que em algumas ocasiões a energia registada foi consideravelmente maior do que o esperado.

## Figura 5

*Boxplot Comparativo entre a Energia do TSST e Energia do Energy.*

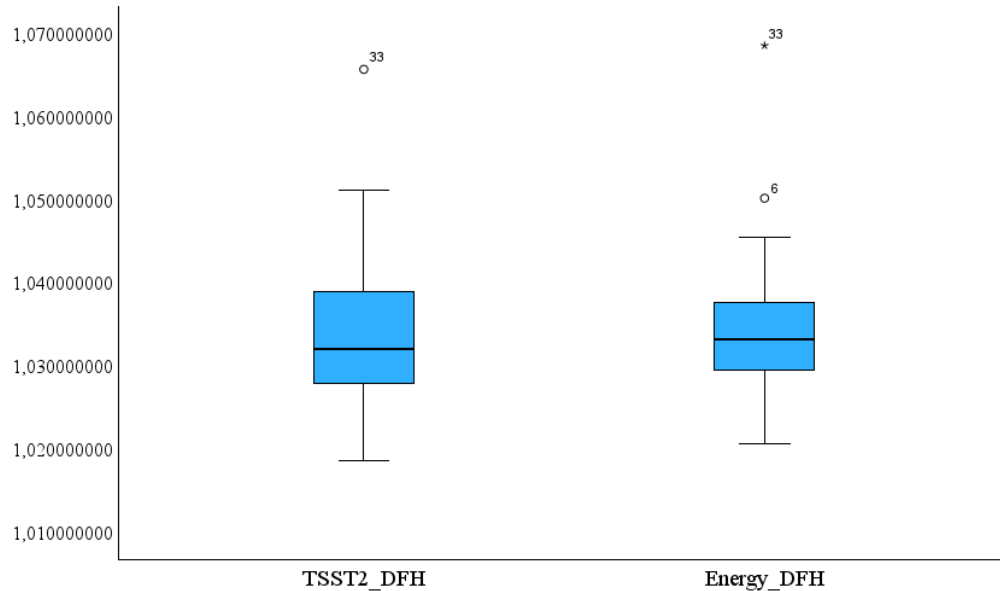


Considerando as variáveis DFH durante o TSST e DFH durante o *Energy*, verificou-se que, dos 33 elementos considerados na amostra, 25 contribuíram para os resultados apresentados. Doze participantes demonstraram uma maior dimensão fractal durante o *Energy* e 13 evidenciaram que a dimensão fractal de Higuchi durante o TSST foi maior do que durante o *Energy*. Assim, determinou-se que não há diferenças estatisticamente significativas entre estas variáveis,  $Z = 0.31$ ,  $p = .757$ .

A análise dos dados apresentados pelos *boxplots* comparativos entre a DFH para o TSST e para o *Energy* (ver Figura 6) mostra que ambos possuem medianas semelhantes, indicando valores próximos entre si. O IQR é um ligeiramente maior no TSST indicando maior variabilidade dos dados, enquanto o *Energy* apresenta dados mais consistentes, refletindo uma menor dispersão ao redor da mediana. Os *outliers* observados em ambas as condições indicam variações individuais, mas são mais pronunciados no TSST, sugerindo uma maior variação na resposta a esta condição.

## Figura 6

*Boxplot Comparativo da Dimensão Fractal de Higuchi durante o TSST e Durante o Energy.*

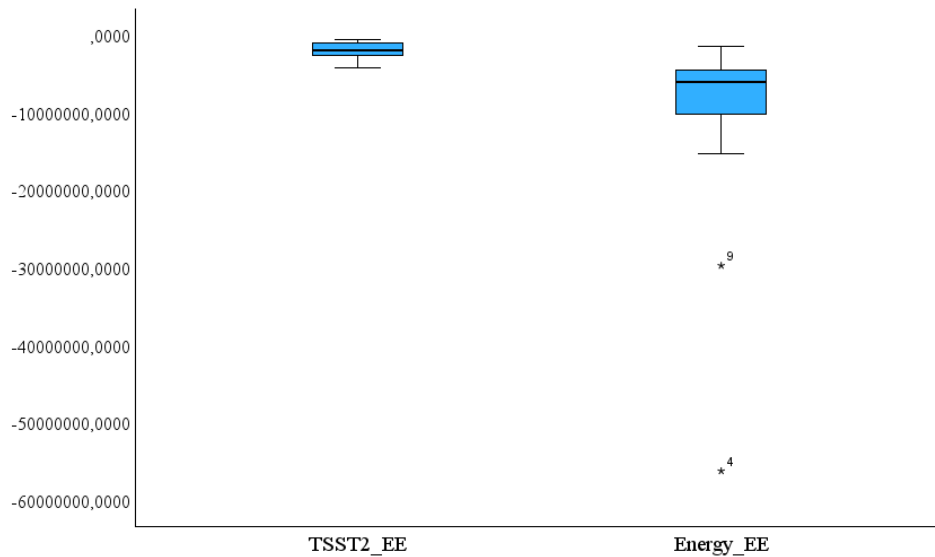


No que diz respeito às variáveis EE registada durante o TSST e EE registada durante o *Energy*, observou-se que, dos 33 elementos considerados na amostra, 25 contribuíram para os resultados apresentados. Desta forma, 24 participantes evidenciaram que a EE durante o TSST foi maior do que a registada durante o *Energy* (ver Figura 7) e apenas um participante mostrou uma EE durante o TSST menor do que a registada durante o *Energy*. Assim, verificou-se que existiram diferenças significativas entre a EE registada durante o TSST e a EE registada durante o *Energy*,  $Z = -4.34$ ,  $p < .001$ .

Partindo da análise comparativa dos *boxplots* para a EE (ver Figura 7), a mediana associada ao *Energy* foi mais baixa, verificando-se uma maior dispersão de dados e um IQR superior em comparação com o TSST. Por sua vez, o TSST apresentou um IQR com uma menor variabilidade e valores concentrados próximos de zero.

## Figura 7

*Boxplot Comparativo da Entropia Espectral durante o TSST e Durante o Energy.*



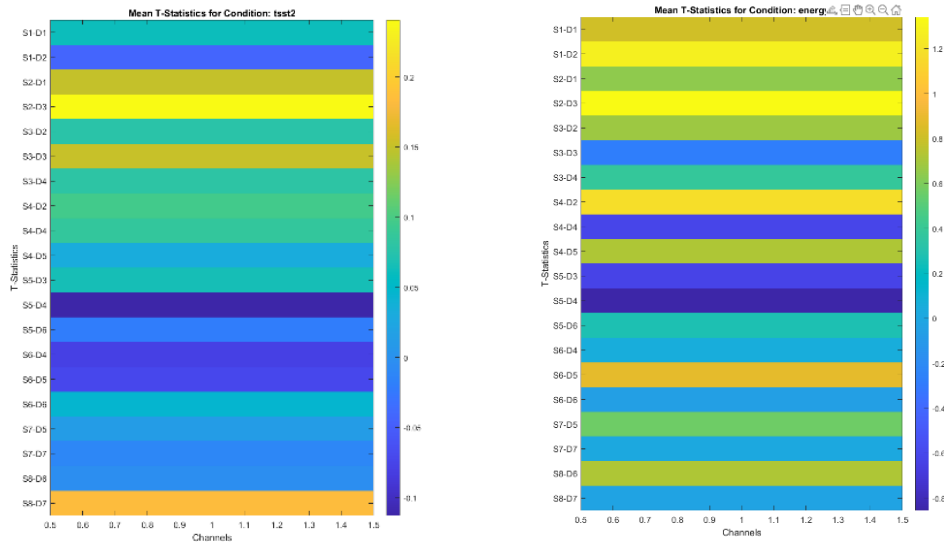
Adicionalmente, ainda para se verificar mudanças no padrão de ativação do CPF, foram analisados os mapas de ativação cerebral. Através da análise comparativa dos mapas apresentados na Figura 8, começou-se por analisar a distribuição da *t-statistics*, em que o TSST apresentou uma variação predominantemente negativa (referente aos tons azuis), com algumas áreas a verde/amarelo que indicam valores positivos. Observa-se que há uma prevalência de *t-statistics* ligeiramente abaixo de zero, o que sugere que, em média, a ativação cerebral durante o TSST está associada a uma resposta mais negativa. Por outro lado, o *Energy* exibiu uma distribuição mais equilibrada, com *t-statistics* que variam entre valores negativos e positivos, conforme indicado pelos tons verde, amarelo e laranja. Os valores mais elevados observados no *Energy*, próximos de 1.2, indicam uma maior ativação cerebral em comparação ao TSST.

Relativamente à análise dos canais, no TSST observou-se uma predominância de valores negativos, nomeadamente nos canais S5-D4, S5-D6, S6-D4 e S6-D5 e, portanto, uma menor ativação cerebral. Nos canais S2-D1 e S4-D2, observaram-se valores ligeiramente mais positivos. Esta variação sugere que, embora algumas regiões possam ter sido ligeiramente ativadas, o TSST está associado a uma menor ativação neural. Já o *Energy*, apresenta uma predominância de valores positivos, nomeadamente nos canais S1-D1, S2-D1, S3-D2 e S8-D7. Canais como S6-D5 e S5-D6 mostraram valores mais negativos, sugerindo que algumas áreas

tiveram menor ativação. Não obstante, a tendência geral indica que o *Energy* resultou numa maior ativação cerebral.

## Figura 8

*Mapa da Ativação Cerebral no CPF Durante o TSST e Durante o Energy.*



*Nota:* O gráfico da esquerda corresponde ao TSST e o gráfico da direita corresponde ao *Energy*. CPF = Córtex Pré-frontal.

## Hipótese 3

Para testar a hipótese de que após a interação com o jogo *Energy*, os participantes apresentaram uma redução significativa nos níveis de ansiedade em comparação com o TSST, foi aplicado o teste *t* não paramétrico para amostras emparelhadas.

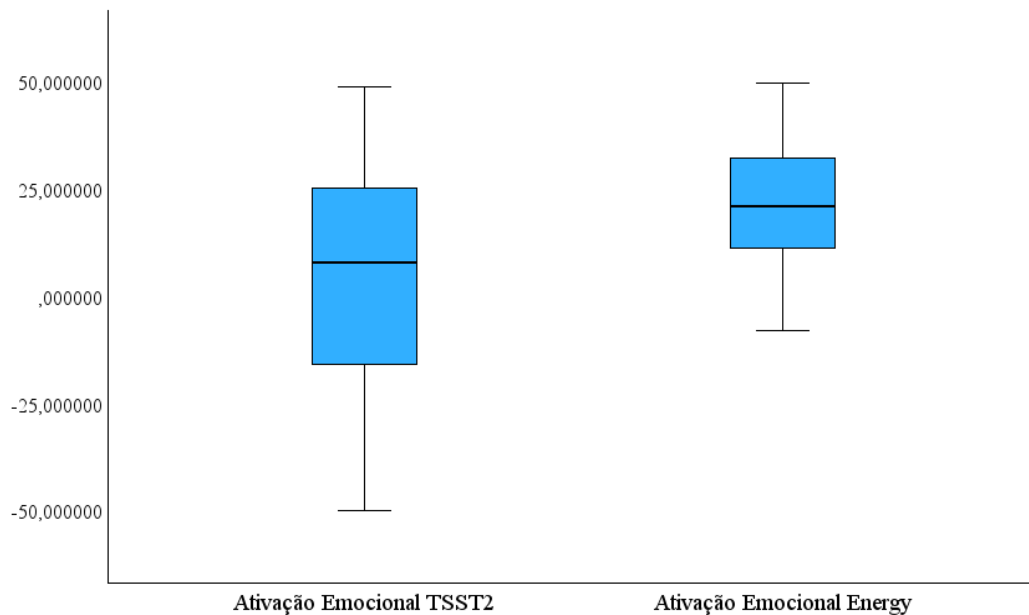
Em relação às variáveis ativação emocional registada após o TSST e ativação emocional registada após o *Energy*, observou-se que, dos 33 elementos considerados, 11 participantes indicaram uma maior ativação emocional depois do TSST, enquanto 22 participantes reportaram uma maior ativação emocional depois do *Energy* (ver Figura 8). Assim, verificou-se que há diferenças estatisticamente significativas entre a ativação emocional reportada depois do TSST em comparação com depois do *Energy*,  $Z = 2.62, p = .009$ .

A análise dos resultados apresentados pelos *boxplots* comparativos entre ativação emocional durante o TSST e durante o *Energy* (ver Figura 8) evidenciou uma mediana ligeiramente mais elevada para o *Energy*. Ambos os *boxplots* apresentam uma dispersão de

dados relativamente similar, mas o TSST mostra uma maior amplitude total, com valores que se estendem tanto para ativação emocional positiva quanto negativa, enquanto a dispersão dos dados no *Energy* é mais concentrada.

### Figura 9

*Boxplot da Ativação Emocional Reportada Após o TSST e Após o Energy.*

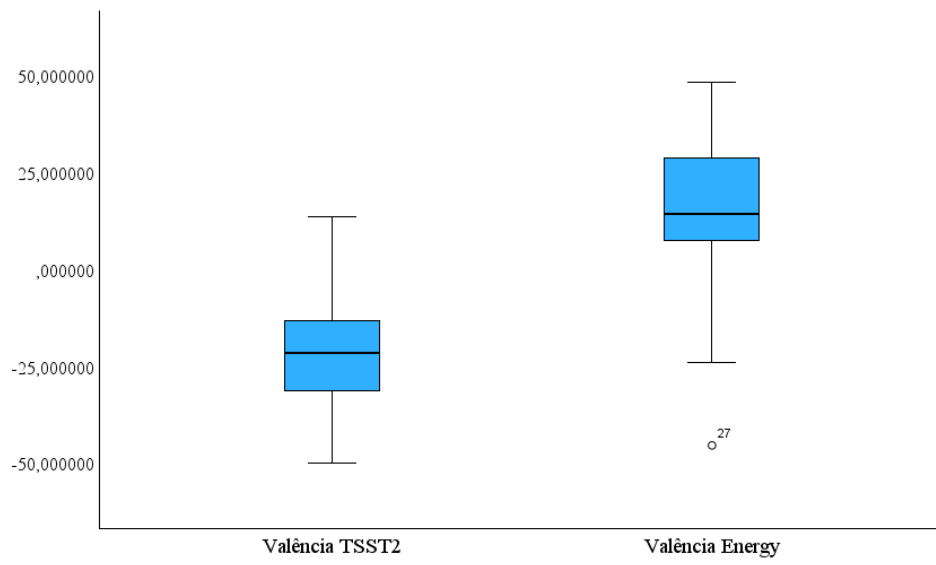


Em relação às variáveis valência durante o TSST e valência durante o *Energy*, observou-se que apenas um participante indicou que a valência foi maior após o TSST, enquanto a maioria ( $n = 32$ ) reportou uma maior valência após o *Energy* (ver Figura 9). Assim, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre a valência registada após o TSST e após o *Energy*,  $Z = 4.79$ ,  $p < .001$ .

Pela análise dos resultados apresentados pelos *boxplots* comparativos entre a valência durante o TSST e durante o *Energy* (ver Figura 9), verificou-se que o *Energy* evidenciou uma mediana significativamente mais elevada, sugerindo uma resposta emocional mais positiva nessa condição. Além disso, a condição *Energy* encontra-se associada a uma maior dispersão dos dados, com um IQR superior em relação ao TSST, indicando uma maior variabilidade nos valores de valência.

## Figura 10

*Boxplot da Valência Emocional Reportada Após o TSST e Após o Energy.*



## Discussão

Para a realização deste estudo, foi desenhado e implementado um protocolo para estudar o impacto de um jogo de telemóvel, o *Energy*, na alteração dos níveis de ansiedade. Neste protocolo foi utilizado o TSST para aumentar o nível de stress nos participantes do estudo, de forma a averiguar o efeito do *Energy* (jogo teste) na redução desse efeito quando jogado em seguida. Em ambas as fases, foi também usado o fNIRS como forma de monitorizar, em tempo real, a atividade cerebral no córtex pré-frontal dos participantes.

Ao testar a associação entre os estados emocionais reportados pelos participantes e a atividade neural registada no CPF, observou-se que os estados emocionais provenientes do TSST não se correlacionaram de forma estatisticamente significativa com alterações na atividade cerebral no CPF registadas durante o TSST. Estes resultados não são consistentes com os encontrados em estudos recorrendo à técnica de Imagem por Ressonância Magnética Funcional (*Functional Magnetic Resonance Imaging* - fMRI) e que exploraram a associação diferentes estados emocionais e alterações na atividade cerebral no CPF (de Herrington et al., 2005; Harmon-Jones et al., 2001).

Não obstante, considerando as mudanças no padrão de ativação do córtex pré-frontal, observou-se um aumento significativo dos níveis de energia no CPF enquanto os participantes jogavam o *Energy* em comparação com o TSST. Adicionalmente, a análise do mapa da ativação cerebral (ver Figura 8) reforça este resultado, visto que o *Energy* apresentou uma maior ativação neural em comparação com o TSST, o que se traduziu num aumento da HbO<sub>2</sub> no cérebro (Side, 2012). Este aumento pode ser compreendido como reflexo do envolvimento cognitivo contínuo à medida que os puzzles se tornam progressivamente mais complexos. Tarefas como a resolução de problemas, o planeamento e o controlo cognitivo são constantemente mobilizadas, levando a uma maior demanda de recursos cognitivos (Klarkowski et al. 2022; Palaus et al., 2017). Estes achados são consistentes com o estudo de Klarkowski et al. (2022), no qual verificaram maior atividade cerebral no CPF à medida que os jogadores avançavam no jogo. Por outro lado, a menor atividade cerebral registada durante o TSST pode dever-se à desistência dos participantes perante equações complexas e o tempo limitado para responder. As observações comportamentais realizadas enquanto se sucedia a recolha no laboratório, sugerem que esta desistência pode ter conduzido a um menor envolvimento na atividade, logo menor esforço cognitivo, resultando numa menor ativação cerebral. Assim, apesar do TSST induzir stress, o *Energy* parece ter exigido mais recursos cognitivos, devido ao maior envolvimento dos participantes no jogo.

Em relação à DFH, observou-se a ausência de diferenças entre o TSST e o *Energy*. O facto de não haver diferenças significativas pode indicar, que do ponto de vista da complexidade do sinal, este foi semelhante nas duas condições. Desta forma, o stress induzido nos participantes não alterou de forma significativa a complexidade da atividade cerebral (Wang et al., 2010). Estes resultados não vão ao encontro do esperado, uma vez que se esperava que durante o TSST houvesse um aumento da DFH, uma vez que em condições de stress a atividade cerebral torna-se mais complexa (Phutela et al., 2024). Desta forma, levanta-se a hipótese de que o stress induzido pelo TSST poderá não ter sido suficiente para alterar a organização do sinal cerebral. Este resultado pode indicar que o DFH poderá não ser sensível às variações na atividade que está a ser realizada.

Ainda assim, no caso da análise de EE, também indicadora da complexidade e variabilidade dos padrões de atividade cerebral, os resultados apontaram para um aumento durante o TSST em comparação com o *Energy*. Este aumento pode ser compreendido como reflexo do estado emocional de maior stress provocado pelas equações, refletindo-se numa maior dispersão de energia ao longo do espectro de frequências. Estes resultados vão ao encontro ao esperado, visto que era esperado que o *Energy* fosse um jogo relaxante e menos exigente em termos emocionais, sendo acompanhado por uma menor dispersão da energia e uma atividade cerebral mais estável. Este achado corrobora literatura prévia que descreve que jogos relaxantes são normalmente caracterizados pela sua natureza pouco ativadora, resultando numa atividade cerebral mais previsível e menos complexa (Vivekanandhan et al., 2024). Com base nestes dados, a EE e o a energia dos sinais de fNIRS parecem ser métricas mais sensíveis a variações nas exigências afetivas e cognitivas provocadas por diferentes tarefas, algo que não foi possível observar no caso do DFH. Mais especificamente, a EE surgiu como mais sensível à componente afetiva das tarefas enquanto os níveis de energia no CPF foram mais sensíveis à demanda em termos de recursos cognitivos.

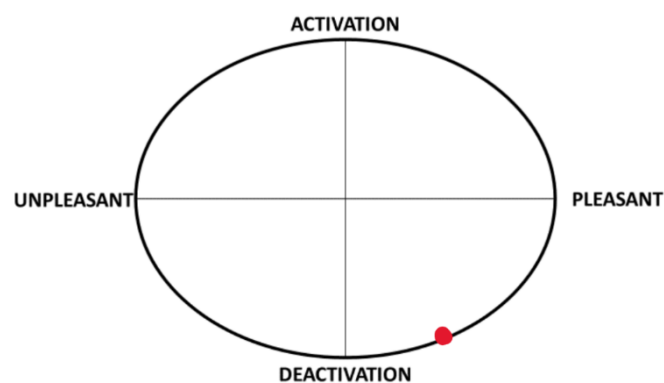
Ao considerar os dados comportamentais de ativação obtidos a partir do *affective slider*, foi possível verificar que, embora os participantes tenham relatado sentimentos positivos após o *Energy*, houve uma ativação emocional maior do que o esperado. O Modelo Circumplexo de Russell (1980) descreve as emoções como produtos da interação complexa entre cognições, emergindo de dois sistemas neurofisiológicos fundamentais: valência e ativação emocional (ver Figura 11). Estudos com dados eletrofisiológicos mostraram também que, quando os indivíduos relatam níveis elevados de ativação emocional, ocorre um aumento correspondente na atividade cerebral (Keil et al., 2001; Phan et al., 2003). Além disso, Posner et al. (2005) descreveram que a alegria resulta de uma intensa ativação cerebral associada a uma ativação emocional moderada

e valência positiva. De acordo com este modelo e a evidência existente, esperava-se que o jogo induzisse um efeito relaxante e de valência positiva, enquanto o TSST deveria conduzir a um maior estado de ativação e uma valência mais negativa. Contudo os dados do presente estudo sugerem que o *Energy* provocou uma ativação emocional significativa nos participantes, observando-se um nível mais elevado de ativação em comparação com o TSST. Uma possível interpretação destes resultados pode estar relacionada com as discussões dos resultados anteriores, que indicaram uma menor ativação cerebral durante o TSST em comparação com o *Energy*, o que, por sua vez, pode refletir uma menor ativação emocional durante o TSST (Keil et al., 2001; Phan et al., 2003). Martindale (1995, 1999) observou essa relação e demonstrou que níveis reduzidos de ativação emocional resultam na ativação de menos recursos cognitivos, ou seja, um menor número de áreas envolvidas no processamento de informações.

Já os resultados relativos à valência emocional foram de acordo com o esperado, visto que uma valência emocional positiva foi reportada pelos participantes após jogarem o *Energy* (vs. após o TSST). Estudos anteriores reportaram uma correlação entre ativação cerebral e a valência reportada, sugerindo que o aumento do fluxo sanguíneo no sistema mesolímbico, do qual o CPF faz parte, está associado à experiência subjetiva de prazer (Drevets et al., 2001; Ingvar et al., 1998; Mathew et al., 1992; Volkow et al., 1988), o que também parece estar de acordo com o aumento significativo dos níveis de energia no CPF enquanto os participantes jogavam o *Energy*, em comparação com o TSST, observado no presente estudo. Desta forma, jogar o *Energy* revelou-se uma atividade prazerosa.

### Figura 11

*Modelo Circumplexo de Russell (1980)*



*Nota.* Representação do Modelo Circumplexo de Russell (1980). O eixo horizontal representa a valência e o eixo vertical representa a ativação emocional. O ponto vermelha representa o resultado esperado para este estudo relativamente ao efeito do *Energy* nos participantes. De Psychology of human emotion: An open access textbook, por M. Yarwood, 2022 (<https://psu.pb.unizin.org/psych425/chapter/circumplex-models/>).

Considerando esses resultados, sugere-se que estudos futuros incluam a combinação de outra técnica, como o eletrocardiograma (ECG), ao fNIRS. A integração do fNIRS com o ECG pode complementar a análise e fornecer dados mais precisos sobre os estados emocionais dos jogadores.

## Limitações e Estudos Futuros

O presente estudo encontrou resultados promissores em relação à aplicação de jogos de telemóvel na diminuição da ansiedade, contudo é necessária mais pesquisa para consolidar estes resultados, até considerando que o presente estudo englobou uma amostra relativamente pequena e apenas constituída por estudantes universitários. Portanto, num estudo futuro deve ser considerada a inclusão de uma amostra maior e mais diversificada, o que poderá permitir testar o jogo em diferentes populações e grupos demográficos de forma a adaptar às necessidades de cada faixa etária. Outro fator a considerar é que a recolha dos dados foi realizada no contexto de um outro estudo que era composto por uma tarefa stressora semelhante, o que pode ter influenciado os resultados obtidos no presente estudo. Adicionalmente, uma outra limitação apresentada neste estudo poderá ser a possibilidade do TSST não ter funcionado conforme o esperado. O efeito indutor de stress pode ter funcionado melhor com alguns participantes, e por outro lado não ter mostrado efeito noutros. Portanto, este efeito poderá ter sido variável na amostra e daí a dispersão dos resultados em termos da ativação reportada no *affective slider* após o TSST, num estudo futuro recomenda-se a revisão do protocolo de TSST.

Adicionalmente, seria essencial investigar as propriedades psicométricas e realizar um *randomized controlled trial* (ensaio clínico randomizado) do *Energy*. Isto é um passo essencial para mostrar o potencial e a eficácia do *Energy* vir a ser considerado um *serious game* e como ferramenta eficaz na redução da ansiedade.

Considerando que neste estudo agregamos os valores para a região do CPF, seria relevante investigar regiões mais específicas desta área. Esta subdivisão justifica-se pela presença de regiões altamente especializadas que moldam as nossas emoções, comportamentos e cognições. As regiões mais comuns são o córtex pré-frontal dorsolateral, o córtex pré-frontal ventromedial, o córtex pré-frontal orbital e o córtex pré-frontal dorsomedial (Carlén 2017). É essencial entender como cada uma destas áreas está envolvida na resposta emocional e cognitiva quando o indivíduo é exposto ao jogo. Tendo em consideração este aspeto, podemos obter resultados mais promissores e desenvolver intervenções baseadas em videojogos mais eficazes para as perturbações de ansiedade e problemas de saúde mental em geral.

Por último, num estudo futuro recomenda-se a combinação do fNIRS com outra medida fisiológica, como por exemplo, o Eletrocardiograma (ECG), ou uma escala de autorrelato de emoções. Esta combinação pode fornecer dados mais precisos sobre a eficácia do jogo e uma análise mais completa da resposta emocional ao mesmo. Estudos futuros podem inclusive explorar associações entre a atividade cerebral registada a partir do fNIRS em jogos como o

*Energy* e o STAI. Segundo Spielberger (1970), indivíduos que apresentam maiores níveis de ansiedade traço são mais propensos a apresentar reações de ansiedade estado com maior intensidade e frequência, em comparação com indivíduos que exibem baixos níveis de ansiedade traço. Estes indivíduos estão mais predispostos ao stress e percebem as situações como se fossem ameaçadoras ou perigosas, algo que também foi observado no presente estudo dada a correlação entre as pontuações obtidas pelos participantes no STAI-Y1 e no STAI-Y2, indicando que os participantes que tinham maior predisposição para a ansiedade (ansiedade traço) também experienciavam maiores níveis de ansiedade em situações específicas (ansiedade estado). O padrão de ativação cerebral e de resposta emocional enquanto se joga um jogo como o *Energy* pode ser diferente em função dos níveis de ansiedade reportados.

## Conclusão

Numa era cada vez mais digital, torna-se importante integrar as tecnologias digitais nas intervenções psicológicas. As características dos COFSGs, como o custo-benefício, serem mais envolventes e apelativos associadas às características dos *serious games* podem mostrar-se como uma solução ao abandono do processo psicoterapêutico ou como uma alternativa de intervenção para indivíduos que não têm a possibilidade de aderir a terapias de primeira linha, como a TCC. Outra possibilidade seria a combinação da intervenção baseada em videojogos com intervenção farmacológica. Neste contexto, o presente estudo contribuiu para a investigação e validação destas abordagens como promotoras de saúde mental no que toca à mitigação da sintomatologia ansiosa.

A análise dos dados comportamentais e da atividade cerebral indicou que os participantes relataram uma melhora significativa nos seus estados emocionais, sugerindo que o jogo *Energy* pode atuar como um moderador eficaz da ansiedade e stress. Em última análise, este estudo proporciona um olhar sobre a aplicação das tecnologias digitais como ferramenta de intervenção na área da saúde mental, nomeadamente dos COFSGs e dos *serious games* que têm mostrado potencial terapêutico e eficácia na mitigação da sintomatologia ansiosa e redução do stress. Observa-se um interesse crescente da aplicação dos COFSGs e dos *serious games* na saúde mental via telemóvel. Com recurso a técnicas de neuroimagem, como o fNIRS, é importante dar continuidade ao estudo da validade e eficácia destes jogos. Esta área de investigação tem vindo a mostrar resultados promissores em providenciar novas formas de intervenção para as perturbações de ansiedade, no entanto é uma área que ainda necessita de mais investigação.

## Referências

- Abt, C. (1987). *Serious Games*. University press of America.
- Adwas, A. A., Jbireal, J. M., & Azab, A. E. (2019). Anxiety: Insights into Signs, Symptoms, Etiology, Pathophysiology, and Treatment. *East African Scholars Journal of Medical Sciences*, 2(10), 80–91.
- Aksoy, E., Izzetoglu, K., Onaral, B., Kitapcioglu, D., Sayali, M. E., & Guven, F. (2019). Assessing correlation between virtual reality based serious gaming performance and cognitive workload changes via functional near infrared spectroscopy. *Augmented Cognition*, 11580, 375-383. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22419-6\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22419-6_26)
- Allen, A. P., Kennedy, P. J., Dockray, S., Cryan, J. F., Dinan, T. G., & Clarke, G. (2017). The trier social stress test: principles and practice. *Neurobiology of Stress*, 6, 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Arias, M. (2014). Using video games in education. *Journal of Mason Graduate Research*, 1(2), 49-69. <https://doi.org/10.13021/G8jmgr.v1i2.416>
- Armiger, R. S., & Vogelstein, R. J. (2008). Air-Guitar Hero: a real-time video game interface for training and evaluation of dexterous upper-extremity neuroprosthetic control algorithms. *2008 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference, USA*, 121-124. [10.1109/BIOCAS.2008.4696889](https://doi.org/10.1109/BIOCAS.2008.4696889)
- Bandelow, B., Michaelis, S., & Wedekind, D. (2017). Treatment of anxiety disorders. *Dialogues in clinical neuroscience*, 19(2), 93-107. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2017.19.2/bbandelow>
- Becker, K., & Gopin, E. (2016). Selection criteria for using commercial off the shelf games (COTS) for learning. *ETC Press*. <https://mru.arcabc.ca/islandora/object/mru%3A304/datastream/PDF/view>
- Biagianti, B., Foti, G., Di Liberto, A., Bressi, C., & Brambilla, P. (2023). CBT-informed psychological interventions for adult patients with anxiety and depression symptoms: A

- narrative review of digital treatment options. *Journal of Affective Disorders*, 325, 682-694. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.01.057>
- Boldi, A., & Rapp, A. (2022). Commercial video games as a resource for mental health: A systematic literature review. *Behaviour & Information Technology*, 41(12), 2654-2690. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2021.1943524>
- Bürgin, D., Anagnostopoulos, D., Vitiello, B., Sukale, T., Schmid, M., & Fegert, J. M. (2022). Impact of war and forced displacement on children's mental health—multilevel, needs-oriented, and trauma-informed approaches. *European child & adolescent psychiatry*, 31(6), 845-853. <https://link.springer.com/article/10.1007/S00787-022-01974-Z>
- Carlén, M. (2017). What constitutes the prefrontal cortex? *Science*, 358(6362), 478-482. <https://doi.org/10.1126/science.aan8868>
- Carras, M. C., Van Rooij, A. J., Spruijt-Metz, D., Kvedar, J., Griffiths, M. D., Carabas, Y., & Labrique, A. (2018). Commercial video games as therapy: A new research agenda to unlock the potential of a global pastime. *Frontiers in Psychiatry*, 8, e300. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00300>
- Celano, C. M., Daunis, D. J., Lokko, H. N., Campbell, K. A., & Huffman, J. C. (2016). Anxiety disorders and cardiovascular disease. *Current psychiatry reports*, 18, 1-11. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11920-016-0739-5>
- Clement, J., (2024). Video gaming worldwide - Statistics & Facts. *Statista*. <https://www.statista.com/topics/1680/gaming/#topicOverview>
- Corruble, E. (2020). A viewpoint from Paris on the COVID-19 pandemic: A necessary turn to telepsychiatry. *The Journal of clinical psychiatry*, 81(3), 1721. <https://www.psychiatrist.com/jcp/a-viewpoint-from-paris-on-covid/>
- Coyle, D., McGlade, N., Doherty, G., & O'Reilly, G. (2011). Exploratory evaluations of a computer game supporting cognitive behavioural therapy for adolescents. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, USA*, 2937-2946. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979378>
- David, O. A., Costescu, C., Cardos, R., & Mogoșe, C. (2020). How effective are serious games for promoting mental health and health behavioral change in children and adolescents?

- A systematic review and meta-analysis. *Child & Youth Care Forum*, 49, 817-838.  
<https://doi.org/10.1007/s10566-020-09566-1>
- De Aguilera, M., & Mendiz, A. (2003). Video games and education: (Education in the Face of a “Parallel School”). *Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1), 1-10.  
<https://doi.org/10.1145/950566.950583>
- De Vlieger, N. M., Sainsbury, L., Smith, S. P., Riley, N., Miller, A., Collins, C. E., & Bucher, T. (2021). Feasibility and acceptability of ‘VitaVillage’: A serious game for nutrition education. *Nutrients*, 14(1), 189. <https://doi.org/10.3390/nu14010189>
- Dekker, M. R., & Williams, A. D. (2017). The use of user-centered participatory design in serious games for anxiety and depression. *Games for Health Journal*, 6(6), 327-333.  
<https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0058>
- Dias, L. P. S., Barbosa, J. L. V., & Vianna, H. D. (2018). Gamification and serious games in depression care: A systematic mapping study. *Telematics and Informatics*, 35(1), 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.11.002>
- Drevets, W. C., Gautier, C., Price, J. C., Kupfer, D. J., Kinahan, P. E., Grace, A. A., Price, J. L., & Mathis, C. A. (2001). Amphetamine-induced dopamine release in human ventral striatum correlates with euphoria. *Biological Psychiatry*, 49(2), 81-96.  
[https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(00\)01038-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(00)01038-6)
- Eichenberg, C., & Schott, M. (2017). Serious games for psychotherapy: A systematic review. *Games for Health Journal*, 6(3), 127-135.  
<https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0068>
- Encarnação, M. (2009). On the future of serious games in science and industry. *Proceedings of CGames, USA*, 9-16.
- Fish, M. T., Russoniello, C. V., & O’Brien, K. (2018). Zombies vs. anxiety: an augmentation study of prescribed video game play compared to medication in reducing anxiety symptoms. *Simulation & Gaming*, 49(5), 553-566.  
<https://doi.org/10.1177/1046878118773126>
- Fitzgerald, M., & Ratcliffe, G. (2020). Serious games, gamification, and serious mental illness: A scoping review. *Psychiatric Services*, 71(2), 170-183.  
<https://doi.org/10.1176/appi.ps.201800567>

- Fleming, T., Cheek, C., Merry, S., Thabrew, H., Bridgman, H., Stasiak, K., Shepherd, M., Perry, Y., & Hetrick, S. (2014). Serious games for the treatment or prevention of depression: a systematic review. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 19(3), 227-242. [10.5944/rppc.vol.19.num.3.2014.13904](https://doi.org/10.5944/rppc.vol.19.num.3.2014.13904)
- Freeman, W. J., Ahlfors, S. P., & Menon, V. (2009). Combining fMRI with EEG and MEG in order to relate patterns of brain activity to cognition. *International Journal of Psychophysiology*, 73(1), 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.019>
- Gaylord-Ross, R. J., Haring, T. G., Breen, C., & Pitts-Conway, V. (1984). The training and generalization of social interaction skills with autistic youth. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 17(2), 229-247. <https://doi.org/10.1901/jaba.1984.17-229>
- Girouard, A., Solovey, E. T., Hirshfield, L. M., Chauncey, K., Sassaroli, A., Fantini, S., & Jacob, R. J. (2009). Distinguishing difficulty levels with non-invasive brain activity measurements. *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009*, 440- 452. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-03655-2\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-642-03655-2_50)
- Goh, Z. S., & Griva, K. (2018). Anxiety and depression in patients with end-stage renal disease: impact and management challenges—a narrative review. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*, 11, 93-102. <https://doi.org/10.2147/IJNRD.S126615>
- Gómez-Cambronero, Á., Mann, A. L., Mira, A., Doherty, G., & Casteleyn, S. (2024). Smartphone-based serious games for mental health: A scoping review. *Multimedia Tools and Applications*, 1-48. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18971-w>
- González-González, C. S., Toledo-Delgado, P. A., Muñoz-Cruz, V., & Torres-Carrion, P. V. (2019). Serious games for rehabilitation: Gestural interaction in personalized gamified exercises through a recommender system. *Journal of Biomedical Informatics*, 97, e103266. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103266>
- Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. (2014). The benefits of playing video games. *American Psychologist*, 69(1), 66. <https://psycnet.apa.org/buy/2013-42122-001>
- Green, C. S., & Seitz, A. R. (2015). The impacts of video games on cognition (and how the government can guide the industry). *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2(1), 101-110. <https://doi.org/10.1177/2372732215601121>

- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537. <https://www.nature.com/articles/nature01647>
- Griffiths, M. D. (2002). The educational benefits of videogames. *Education and Health*, 20(3), 47-51. <https://psycnet.apa.org/buy/2013-42122-001>
- Groves, C. L., & Anderson, C. A. (2017). Negative Effects of Video Game Play 49. *Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies*, 1297-1322. [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-981-4560-50-4\\_13](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-981-4560-50-4_13)
- Gulpers, B., Ramakers, I., Hamel, R., Köhler, S., Voshaar, R. O., & Verhey, F. (2016). Anxiety as a predictor for cognitive decline and dementia: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 24(10), 823-842. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2016.05.015>
- Harmon-Jones, E., & Sigelman, J. (2001). State anger and prefrontal brain activity: evidence that insult-related relative left-prefrontal activation is associated with experienced anger and aggression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(5), 797. <https://psycnet.apa.org/buy/2001-17232-008>
- Hashim, N. A., Abd Razak, N. A., Gholizadeh, H., & Abu Osman, N. A. (2021). Video game-based rehabilitation approach for individuals who have undergone upper limb amputation: case-control study. *JMIR Serious Games*, 9(1), e17017. [10.2196/17017](https://doi.org/10.2196/17017)
- Hattahara, S., Fujii, N., Nagae, S., Kazai, K., & Katayose, H. (2008). Brain activity during playing video game correlates with player level. *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, USA*, 360-363. <https://doi.org/10.1145/1501750.1501835>
- Hemenover, S. H., & Bowman, N. D. (2018). Video games, emotion, and emotion regulation: Expanding the scope. *Annals of the International Communication Association*, 42(2), 125-143. <https://doi.org/10.1080/23808985.2018.1442239>
- Herrington, J. D., Mohanty, A., Koven, N. S., Fisher, J. E., Stewart, J. L., Banich, M. T., ... & Heller, W. (2005). Emotion-modulated performance and activity in left dorsolateral prefrontal cortex. *Emotion*, 5(2), 200. <https://psycnet.apa.org/buy/2005-06671-007>
- Hoshi, Y. (2016). Hemodynamic signals in fNIRS. *Progress in brain research*, 225, 153-179. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2016.03.004>

- Ingvar, M., Ghatan, P. H., Wirsén-Meurling, A., Risberg, J., Von Heijne, G., Stone-Elander, S., & Ingvar, D. H. (1998). Alcohol activates the cerebral reward system in man. *Journal of Studies on Alcohol*, 59(3), 258-269. <https://doi.org/10.15288/jsa.1998.59.258>
- Izzetoglu, K., Bunce, S., Onaral, B., Pourrezaei, K., & Chance, B. (2004). Functional optical brain imaging using near-infrared during cognitive tasks. *International Journal of Human-computer Interaction*, 17(2), 211-227. [https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc1702\\_6](https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc1702_6)
- Johannes, N., Vuorre, M., & Przybylski, A. K. (2021). Video game play is positively correlated with well-being. *Royal Society Open Science*. 8(2). <https://doi.org/10.1098/rsos.202049>
- Jonsdottir, J., Bertoni, R., Lawo, M., Montesano, A., Bowman, T., & Gabrielli, S. (2018). Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 19, 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2017.10.010>
- Kathirvel, N. (2020). Post COVID-19 pandemic mental health challenges. *Asian Journal of Psychiatry*, 53, e102430. [10.1016/j.ajp.2020.102430](https://doi.org/10.1016/j.ajp.2020.102430)
- Kato, P. M. (2010). Video games in health care: Closing the gap. *Review of General Psychology*, 14(2), 113-121. <https://doi.org/10.1037/a0019441>
- Kawashima, C., Tanaka, Y., Inoue, A., Nakanishi, M., Okamoto, K., Maruyama, Y., Oshita, H., Ishitobi, Y., Aizawa, S., Masuda, K., Higuma H., Kanehisa M., Ninomiya T., & Akiyoshi, J. (2016). Hyperfunction of left lateral prefrontal cortex and automatic thoughts in social anxiety disorder: a near-infrared spectroscopy study. *Journal of Affective Disorders*, 206, 256-260. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.07.028>
- Keil, A., Müller, M. M., Gruber, T., Wienbruch, C., Stolarova, M., & Elbert, T. (2001). Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: A study of oscillatory brain activity and event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, 112(11), 2057-2068. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00654-X](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00654-X)
- Kenwood, M. M., Kalin, N. H., & Barbas, H. (2022). The prefrontal cortex, pathological anxiety, and anxiety disorders. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 260-275. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01109-z>

- Kenwright, B. (2017). Brief review of video games in learning & education how far we have come. In *Siggraph Asia 2017 Symposium on Education*, 1-10. <https://doi.org/10.1145/3134368.3139220>
- Kesić, S., & Spasić, S. Z. (2016). Application of Higuchi's fractal dimension from basic to clinical neurophysiology: A review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 133, 55-70. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.05.014>
- Koepp, M. J., Gunn, R. N., Lawrence, A. D., Cunningham, V. J., Dagher, A., Jones, T., Brooks, D., Bench, C. J., & Grasby, P. M. (1998). Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature*, 393(6682), 266-268. <https://www.nature.com/articles/30498>
- Kowal, M., Conroy, E., Ramsbottom, N., Smithies, T., Toth, A., & Campbell, M. (2021). Gaming your mental health: A narrative review on mitigating symptoms of depression and anxiety using commercial video games. *JMIR Serious Games*, 9(2), Article e26575. [10.2196/26575](https://doi.org/10.2196/26575)
- Kowal, M., Toth, A. J., Exton, C., & Campbell, M. J. (2018). Different cognitive abilities displayed by action video gamers and non-gamers. *Computers in Human Behavior*, 88, 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.010>
- Klarkowski, M., Causse, M., Duprès, A., del Campo, N., Vella, K., & Johnson, D. (2022). Using fNIRS to Assess Cognitive Activity During Gameplay. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6, 1-23. <https://doi.org/10.1145/3549519>
- Laamarti, F., Eid, M., & El Saddik, A. (2014). An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014(1), e358152. <https://doi.org/10.1155/2014/358152>
- Lamb, R. L., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80, 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.040>
- Lau, H. M., Smit, J. H., Fleming, T. M., & Riper, H. (2017). Serious games for mental health: are they accessible, feasible, and effective? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 7, 209. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00209>

- Marazziti, D., Avella, M. T., Mucci, N., Della Vecchia, A., Ivaldi, T., Palermo, S., & Mucci, F. (2021). Impact of economic crisis on mental health: A 10-year challenge. *CNS Spectrums*, 26(1), 7-13. <https://www.cambridge.org/core/journals/cns-spectrums/article/abs/impact-of-economic-crisis-on-mental-health-a-10year-challenge/8E4E22FB9BE802B218DD832DD7E2B1EE>
- Martindale, C. (1999). Biological bases of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 137–152). Cambridge University Press. <https://psycnet.apa.org/record/1998-08125-007>
- Martindale, C. (1995). Creativity and connectionism. In S. M. Smith, T. B. Ward, & R. A. Finke (Eds.), *The creative cognition approach* (pp. 249–268). The MIT Press. <https://psycnet.apa.org/record/1995-97533-011>
- Martins, C. (2011). Manual de análise de dados quantitativos com recurso ao IBM SPSS: Saber decidir, fazer, interpretar e redigir. *Psiquilíbrios*.
- Mathew, R. J., Wilson, W. H., Humphreys, D. F., Lowe, J. V., & Wiethe, K. E. (1992). Regional cerebral blood flow after marijuana smoking. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 12(5), 750-758. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.1992.106>
- Matsuda, G., & Hiraki, K. (2006). Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: a NIRS study of children. *Neuroimage*, 29(3), 706-711. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.08.019>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin.
- Muñoz, J. E., Montoya, M. F., & Boger, J. (2022). From exergames to immersive virtual reality systems: Serious games for supporting older adults. *Smart home technologies and services for geriatric rehabilitation*, 141-204. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85173-2.00011-4>
- Nagamitsu, S., Nagano, M., Yamashita, Y., Takashima, S., & Matsuishi, T. (2006). Prefrontal cerebral blood volume patterns while playing video games—a near-infrared spectroscopy study. *Brain and Development*, 28(5), 315-321. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2005.11.008>

- National Institute of Mental Health. (2024). *Anxiety disorders*. Mental Health Information. <https://www.nimh.nih.gov/health/topics/anxiety-disorders>
- Neville, R. D., Guo, Y., Boreham, C. A., & Lakes, K. D. (2021). Longitudinal association between participation in organized sport and psychosocial development in early childhood. *The Journal of Pediatrics*, *230*, 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.10.077>
- Nguyen, A., & Bavelier, D. (2023). Play in video games. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *153*, e105386. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105386>
- Ninaus, M., Kober, S. E., Friedrich, E. V., Dunwell, I., De Freitas, S., Arnab, S., Ott, M., Kravcik, M., Lim, T., Louchart, S., Bellotti, F., Thin, A., Berta, R., Wood, G., & Neuper, C. (2014). Neurophysiological methods for monitoring brain activity in serious games and virtual environments: A review. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *6*(1), 78-103. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2014.060022>
- Nunes, R. R., Almeida, M. P. D., & Sleight, J. W. (2004). Spectral entropy: A new method for anesthetic adequacy. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, *54*, 404-422. <https://doi.org/10.1590/S0034-70942004000300013>
- Ordem dos Psicólogos Portugueses (OPP) (n.d.). *Ansiedade* [Fact sheet]. [https://www.ordemdospsicologos.pt/ficheiros/documentos/factsheet\\_ansiedade\\_1.pdf](https://www.ordemdospsicologos.pt/ficheiros/documentos/factsheet_ansiedade_1.pdf)
- European Observatory on Health Systems and Policies (2023), *Portugal: Country Health Profile 2023*, State of Health in the EU, OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/069af7b1-en>.
- Pan, Y., Cai, W., Cheng, Q., Dong, W., An, T., & Yan, J. (2015). Association between anxiety and hypertension: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *11*, 1121-1130. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/NDT.S77710>
- Papasideris, M., Ayaz, H., & Hall, P. A. (2021). Medial prefrontal brain activity correlates with emerging symptoms of anxiety and depression in late adolescence: A fNIRS study. *Developmental Psychobiology*, *63*(7), e22199. <https://doi.org/10.1002/dev.22199>
- Park, S. H., Song, Y. J. C., Demetriou, E. A., Pepper, K. L., Hickie, I. B., Glozier, N., Hermens, D., Scott, E., & Guastella, A. J. (2021). Distress, quality of life and disability in

- treatment-seeking young adults with social anxiety disorder. *Early Intervention in Psychiatry*, 15(1), 57-67. <https://doi.org/10.1111/eip.12910>
- Palau, M., Marron, E. M., Viejo-Sobera, R., & Redolar-Ripoll, D. (2017). Neural basis of video gaming: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 231323. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00248>
- Pallavicini, F., Pepe, A., & Mantovani, F. (2021). Commercial off-the-shelf video games for reducing stress and anxiety: systematic review. *JMIR Mental Health*, 8(8), e28150. <https://mental.jmir.org/2021/8/e28150>
- Penuelas-Calvo, I., Jiang-Lin, L. K., Girela-Serrano, B., Delgado-Gomez, D., Navarro-Jimenez, R., Baca-Garcia, E., & Porras-Segovia, A. (2022). Video games for the assessment and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 31, 5-20. <https://doi.org/10.1007/s00787-020-01557-w>
- Perrotta, G. (2019). Anxiety disorders: Definitions, contexts, neural correlates and strategic therapy. *Jacobs Journal of Neurology and Neuroscience*, 6(1), 042.
- Pham, Q., Khatib, Y., Stansfeld, S., Fox, S., & Green, T. (2016). Feasibility and efficacy of an mHealth game for managing anxiety: “Flowy” randomized controlled pilot trial and design evaluation. *Games for Health Journal*, 5(1), 50-67. <https://doi.org/10.1089/g4h.2015.0033>
- Phan, K. L., Taylor, S. F., Welsh, R. C., Decker, L. R., Noll, D. C., Nichols, T. E., ... & Liberzon, I. (2003). Activation of the medial prefrontal cortex and extended amygdala by individual ratings of emotional arousal: A fMRI study. *Biological Psychiatry*, 53(3), 211-215. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01485-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01485-3)
- Phutela, N., Gabrani, G., Kumaraguru, P., & Relan, D. (2024). Effectiveness of Higuchi fractal dimension in differentiating subgroups of stressed and non-stressed individuals. *Multimedia Tools and Applications*, 83(17), 52433-52450. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17536-7>
- Pilote, B., & Chiniara, G. (2019). The many faces of simulation. *Clinical Simulation*, 17-32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815657-5.00002-4>

- Pine, R., Fleming, T., McCallum, S., & Sutcliffe, K. (2020). The effects of casual videogames on anxiety, depression, stress, and low mood: A systematic review. *Games for Health Journal*, 9(4), 255-264. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0132>
- Pine, R., Sutcliffe, K., McCallum, S., & Fleming, T. (2020). Young adolescents' interest in a mental health casual video game. *Digital Health*, 6. <https://doi.org/10.1177/2055207620949391>
- Pinti, P., Tachtsidis, I., Hamilton, A., Hirsch, J., Aichelburg, C., Gilbert, S., & Burgess, P. W. (2020). The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464(1), 5-29. <https://doi.org/10.1111/nyas.13948>
- Plichta, M. M., Herrmann, M. J., Baehne, C. G., Ehlis, A. C., Richter, M. M., Pauli, P., & Fallgatter, A. J. (2006). Event-related functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): Are the measurements reliable? *Neuroimage*, 31(1), 116-124. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.008>
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(3), 715-734. <https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>
- Prescott, A. T., Sargent, J. D., & Hull, J. G. (2018). Metaanalysis of the relationship between violent video game play and physical aggression over time. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(40), 9882-9888. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611617114>
- Quwaider, M., Alabed, A., & Duwairi, R. (2019). The impact of video games on the players behaviors: A survey. *Procedia Computer Science*, 151, 575-582. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.077>
- Rahman, M. A., Siddik, A. B., Ghosh, T. K., Khanam, F., & Ahmad, M. (2020). A narrative review on clinical applications of fNIRS. *Journal of Digital Imaging*, 33, 1167-1184. <https://doi.org/10.1007/s10278-020-00387-1>
- Rehbein, F., Psych, G., Kleimann, M., Mediasci, G., & Mößle, T. (2010). Prevalence and risk factors of video game dependency in adolescence: results of a German nationwide survey. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(3), 269-277. <https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0227>

- Ribeiro, P. (2022). EEG and ECG nonlinear and spectral multiband analysis to explore the effect of videogames against anxiety.
- Robinson, P. A., Drysdale, P. M., Van der Merwe, H., Kyriakou, E., Rigozzi, M. K., Germanoska, B., & Rennie, C. J. (2006). BOLD responses to stimuli: dependence on frequency, stimulus form, amplitude, and repetition rate. *Neuroimage*, *31*(2), 585-599. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.12.026>
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., ... & Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*, *40*(1), 71-94. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(02\)00099-4](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00099-4)
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, *39*, 1161–1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Russoniello, C. V., O'Brien, K., & Parks, J. M. (2009). The effectiveness of casual video games in improving mood and decreasing stress. *Journal of Cybertherapy and Rehabilitation*, *2*(1), 53–66.
- Ružic-Baf, M., Strnak, H., & Debeljuh, A. (2016). Online video games and young people. *International Journal of Research in Education and Science*, *2*(1), 94-103.
- Schöbel, S., Saqr, M., & Janson, A. (2021). Two decades of game concepts in digital learning environments—A bibliometric study and research agenda. *Computers & Education*, *173*, e104296. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104296>
- Shin, Y. B., Woo, S. H., Kim, D. H., Kim, J., Kim, J. J., & Park, J. Y. (2015). The effect on emotions and brain activity by the direct/indirect lighting in the residential environment. *Neuroscience Letters*, *584*, 28-32. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.09.046>
- Side, L. (2012). Measuring brain activity using functional near infrared spectroscopy: A short review. *Spectrosc Eur*, *24*(4), 6. <https://www.spectroscopyeurope.com/article/measuring-brain-activity-using-functional-near-infrared-spectroscopy-short-review>

- Silva, M., Resurrección, D. M., Antunes, A., Frasquilho, D., & Cardoso, G. (2020). Impact of economic crises on mental health care: a systematic review. *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, 29, e7. <https://doi.org/10.1017/S2045796018000641>
- Silva, D. R., & Spielberger, C. D. (2007). *Manual do Inventário de Estado Traço de Ansiedade (STAI)*. Mind Garden, Inc.
- Silva, D. (2003). Inventário de Estado-Traço de Ansiedade. In M. Gonçalves, M. M., Simões, M. R., Almeida, L. S., & C. Machado, (Eds.), *Avaliação psicológica: Instrumentos validados para a população portuguesa, 1*, 45-63. Quarteto
- Silva, D. R., & Campos, R. (1998). Alguns dados normativos do Inventário de Estado-Traço de Ansiedade-Forma Y (STAI-Y) de Spielberger para a população portuguesa. *Revista Portuguesa de Psicologia*, 33(2), 71-89. <https://drive.google.com/file/d/0B0LP1bS3g1daeTJCS2sxWU9uVzA/view?resourcekey=0-I45ZIVOfBPbVAI9TNzX0DA>
- Slimani, A., Yedri, O. B., Elouaai, F., & Bouhorma, M. (2016). Towards a design approach for serious games. *International Journal of Knowledge and Learning*, 11(1), 58-81. <https://doi.org/10.1504/IJKL.2016.078649>
- Speelman, E. N., Rodela, R., Doddema, M., & Ligtenberg, A. (2019). Serious gaming as a tool to facilitate inclusive business; A review of untapped potential. *Current opinion in environmental sustainability*, 41, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.010>
- Spielberger, C. D. (1970). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (self-evaluation questionnaire)*. Psychologists Press.
- Spielberger, C. D. (1979). State-trait personality inventory (STPI). *APA PsycTests*. <https://doi.org/10.1037/t06498-000>
- Spielberger, C. D. (1983). State-trait anxiety inventory for adults (STAI-AD). *Mind Garden*. <https://doi.org/10.1037/t06496-000>. <https://doi.org/10.1037/t06496-000>
- Steadman, J., Boska, C., Lee, C., Lim, X. S., & Nichols, N. (2014). Using popular commercial video games in therapy with children and adolescents. *Journal of Technology in Human Services*, 32(3), 201-219. <https://doi.org/10.1080/15228835.2014.930680>
- Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2007). Serious games: An overview. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A2416&dswid=-3726>

- Tachtsidis, I., & Papaioannou, A. (2013). Investigation of frontal lobe activation with fNIRS and systemic changes during video gaming. In: Van Huffel, S., Naulaers, G., Caicedo, A., Bruley, D.F., Harrison, D.K. (Eds.), *Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol 789. Oxygen Transport to Tissue XXXV* (pp. 89-95). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7411-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7411-1_13)
- Taylor, S., Abramowitz, J. S., & McKay, D. (2012). Non-adherence and non-response in the treatment of anxiety disorders. *Journal of Anxiety Disorders, 26*(5), 583-589. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2012.02.010>
- Thibaut, F. (2017). Anxiety disorders: a review of current literature. *Dialogues in clinical neuroscience, 19*(2), 87-88. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2017.19.2/fthibaut>
- Vervoort, J. M., Milkoreit, M., van Beek, L., Mangnus, A. C., Farrell, D., McGreevy, S. R., ... & Huber, M. (2022). Not just playing: The politics of designing games for impact on anticipatory climate governance. *Geoforum, 137*, 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.03.009>
- Vieira, C. M., Perrotta, A., & Pais-Vieira, C. (2022). Serious games for physical rehabilitation: Aesthetic discrepancies between custom-made serious games and commercial titles used for healthcare. *Journal of Science and Technology of the Arts, 14*(3), 29-50. <https://doi.org/10.34632/jsta.2022.11732>
- Vivekanandhan, G., Karthikeyan, A., Pakniyat, N., Marek, P., Krejcar, O., & Namazi, H. (2024). Analysis of the Variations in Brain Activity in Response to Various Computer Games. *Fractals, 32*(05), e2450100. <https://doi.org/10.1142/S0218348X24501007>
- Volkow, N. D., Mullani, N., Gould, L., Adler, S. S., Guynn, R. W., Overall, J. E., & Dewey, S. (1988). Effects of acute alcohol intoxication on cerebral blood flow measured with PET. *Psychiatry Research, 24*(2), 201-209. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(88\)90063-7](https://doi.org/10.1016/0165-1781(88)90063-7)
- Vos, T., Allen, C., Arora, M., Barber, R.M., Bhutta, Z.A., Brown, A., .... (2016). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet, 388*(10053), 1545–602. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(16\)31678-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(16)31678-6/fulltext)

- Wang, Y., Wang, Z., Liu, G., Wang, Z., Wang, Q., Yan, Y., Wang, J., Zhu, Y., Gao, W., Kan, X., Zhang, Z., Jia, L., & Pang, X. (2022). Application of serious games in health care: scoping review and bibliometric analysis. *Frontiers in Public Health*, *10*, e896974. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.896974>
- Wang, D., Lin, B., Huang, Y., Chong, Z. Y., Du, J., Yuan, Q., Tang, Y., Xu, Q., & Xu, W. (2024). Exploring Neural Correlates between Anxiety and Inhibitory Ability: Evidence from Task-Based fNIRS. *Depression and Anxiety*, *2024*(1), e8680134. <https://doi.org/10.1155/2024/8680134>
- Wang, Q., Sourina, O., & Nguyen, M. K. (2010, October 20-22). EEG-based "serious" games design for medical applications. *2010 International Conference on Cyberworlds*, Singapore, (pp. 270-276). [10.1109/CW.2010.56](https://doi.org/10.1109/CW.2010.56)
- Watanabe, K., Kawakami, N., Imamura, K., Inoue, A., Shimazu, A., Yoshikawa, T., Hiro, H., Asai, Y., Odagiri, Y., Yoshikawa, E., & Tsutsumi, A. (2017). Pokémon GO and psychological distress, physical complaints, and work performance among adult workers: A retrospective cohort study. *Scientific Reports*, *7*(1), e10758. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11176-2>
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Philadelphia: Wharton Digital Press.
- World Health Organization (2022). *Mental disorders* [Fact sheet]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders>
- World Health Organization (2023). *Anxiety disorders* [Fact sheet]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anxiety-disorders>
- Wilkinson, N., Ang, R. P., & Goh, D. H. (2008). Online video game therapy for mental health concerns: a review. *International Journal of Social Psychiatry*, *54*(4), 370-382. <https://doi.org/10.1177/0020764008091659>
- Wu, H., Li, T., Peng, C., Yang, C., Bian, Y., Li, X., Xiao, Q., Wang, P., Zhang, Z., & Zhang, Y. (2022). The right prefrontal cortex (PFC) can distinguish anxious depression from non-anxious depression: A promising functional near infrared spectroscopy study (fNIRS). *Journal of Affective Disorders*, *317*, 319-328. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.08.024>

- Yarwood, M. (2022). *Psychology of human emotion: An open access textbook*. Pressbooks. <https://psu.pb.unizin.org/psych425/chapter/circumplex-models/>
- Yu, J., Zou, Y., & Wu, Y. (2023). The neural mechanisms underlying the processing of consonant, vowel and tone during Chinese typing: An fNIRS study. *Frontiers in Neuroscience*, *17*, 1258480. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1258480>
- Yu, W., Singh, S. S., Calhoun, S., Zhang, H., Zhao, X., & Yang, F. (2018). Generalized anxiety disorder in urban China: Prevalence, awareness, and disease burden. *Journal of Affective Disorders*, *234*, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.02.012>
- Yu, D., Wang, S., Song, F., Liu, Y., Zhang, S., Wang, Y., Xie, X., & Zhang, Z. (2022). Research on user experience of the video game difficulty based on flow theory and fNIRS. *Behaviour & Information Technology*, *42*(6), 1-17. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2043442>
- Zayeni, D., Raynaud, J. P., & Revet, A. (2020). Therapeutic and preventive use of video games in child and adolescent psychiatry: A systematic review. *Frontiers in Psychiatry*, *11*, e36. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2020.00036>

## **Anexos**

## **Anexo A**

### **Consentimento Informado.**

O presente estudo enquadra-se em duas realidades atuais – tomada de decisão alimentar em contexto stressante e o impacto dos jogos para telemóveis nos níveis de ansiedade, integrado em dois projetos de investigação desenvolvidos pelo grupo de investigação do Human Neurobehavioral Laboratory (HNL) da Faculdade de Educação e Psicologia na Universidade Católica Portuguesa (UCP) no Porto. Este estudo tem como objetivos avaliar o processo de tomada de decisão alimentar saudável dos universitários portugueses num contexto stressante e avaliar o impacto dos jogos para telemóvel nos níveis ansiedade a partir do uso de fNIRS.

Participação: Terá a duração máxima de 30 minutos. De forma a obtermos informação válida, é importante que responda da forma mais sincera possível.

Compromisso Ético: A sua participação é voluntária e as respostas ao questionário são confidenciais e servem apenas para fins de investigação por parte do nosso grupo. Encontra-se garantida a proteção de todos os seus dados. É também livre de desistir deste estudo a qualquer momento, caso seja esse o seu desejo, sem que incorram quaisquer consequências para si.

Contactos: Para qualquer esclarecimento adicional ou para conhecer os resultados da investigação, poderá contactar as responsáveis do estudo, Investigadora Joana Costa e Maria Francisca Silva, através de um dos seguintes contactos: s-jmtpcosta@ucp.pt / s-mfpmsilva@ucp.pt ou o grupo de investigação através do endereço de e-mail hnl@porto.ucp.pt.

Caro participante, este inquérito é anónimo.

1. Eu confirmo ter mais de 18 anos de idade.
2. Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações que me foram fornecidas pelo investigador.
3. Sei que sou livre de abandonar o estudo, se for esse o meu desejo, sem quaisquer consequências para mim, e que a minha identidade jamais será revelada e os dados permanecerão confidenciais.

Dessa forma, aceita participar nesta investigação e permitir a recolha e a utilização dos dados, confiando nas garantias de confidencialidade e anonimato que foram referidas?

Sim, aceito participar neste projeto de investigação.

Não aceito participar neste projeto de investigação.

## Anexo B

### Questionário sociodemográfico.

Por favor, indique a sua idade:

Por favor, indique o seu género:

Feminino

Masculino

Outro

Por favor, indique a sua Nacionalidade:

Portuguesa

Brasileira

Outra

Por favor, indique o seu estado civil:

Solteiro(a)

União de facto

Casado(a)

Separado(a)/ Divorciado(a)

Viúvo(a)

É estudante universitário?

Sim

Não

Por favor, indique as suas habilitações académicas (já concluídas):

Ensino Secundário

Licenciatura

Mestrado

Doutoramento

Alguma vez teve acompanhamento psiquiátrico e/ou psicológico?

Sim

Não

Atualmente, tem acompanhamento psiquiátrico e/ou psicológico?

Sim

Não

Tem experiência prévia em jogos de telemóvel?

Sim

Não

Com que frequência joga jogos de telemóvel?

Diariamente

Algumas vezes por semana

Raramente

Nunca

Além do telemóvel, utiliza outro dispositivo para jogar jogos? Se sim, qual?

Sim. Qual?

Não

## Anexo C

### Jogo Energy

