



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Mestrado em Neuropsicologia Aplicada

Desenvolvimento de tarefa funcional em realidade virtual para as
funções executivas: Estudo piloto da viabilidade da aplicação em uma
população adulta

Dissertação de Mestrado apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre
em Neuropsicologia Aplicada, orientada pelo Doutor Jorge Alexandre Gaspar Oliveira

Thiago Mota Miranda

2024

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA

Escola de Psicologia e Ciências da Vida

Mestrado em Neuropsicologia Aplicada

Desenvolvimento de tarefa funcional em realidade virtual para as funções executivas:

Estudo piloto da viabilidade da aplicação em uma população adulta

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 21/02/2025, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 1120 / 2024, de 3 de dezembro de 2024, com a seguinte composição:

Presidente: Prof.^a Doutora Sofia Mateus Francisco

Arguente: Prof. Doutor José Miguel Pinto Cardoso de Bourbon Teles

Orientador: Prof. Doutor Jorge Alexandre Gaspar Oliveira

Thiago Mota Miranda

Epígrafe

O progresso de fato significa aproximar-se do lugar onde você quer estar. E, se você pegou o caminho errado, o progresso significa dar meia-volta e voltar ao caminho certo; e nesse caso, o homem que se volta mais rápido é o mais progressista.

C.S. Lewis

Dedicatória

À minha querida esposa Priscilla Teles,

Por todo o amor, paciência e apoio incondicional ao longo desta jornada. Sem você ao meu lado, este sonho não teria se tornado realidade. Obrigado por acreditar em mim mesmo nos momentos mais difíceis e por ser minha maior inspiração. Esta conquista é tão sua quanto minha.

Com todo o meu amor e gratidão.

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Doutor Jorge Alexandre Gaspar Oliveira, meu orientador. Sua orientação, suporte e paciência foram fundamentais durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pelo apoio constante nas minhas dúvidas e por sua flexibilidade em entender os desafios que surgiram ao longo do percurso. Seu comprometimento com a excelência acadêmica foi uma inspiração constante para mim.

Agradeço a Deus, por Suas bênçãos e orientação em todos os momentos. As palavras de Ellen White ressoam profundamente em meu coração: "Nada temos que recear quanto ao futuro, a menos que esqueçamos a maneira em que o Senhor nos tem guiado, e os ensinamentos que nos ministrou no passado." Sem a Sua graça e direção, este trabalho não teria sido possível.

À minha amada esposa, Priscilla Teles, minha eterna companheira. Seu amor, dedicação e integridade foram minha força durante esta jornada. Sou imensamente grato por seu apoio incondicional, por estar ao meu lado nos momentos difíceis e por acreditar em mim sempre. Este trabalho é tanto seu quanto meu, e não há palavras que possam expressar completamente o quanto você significa para mim.

À minha família, especialmente à minha mãe Marinalva Mota e ao meu pai Raimundo Miranda, por todo o amor e incentivo ao longo da minha vida. Vocês sempre foram meu alicerce, me apoiando em todas as minhas decisões e me incentivando a nunca desistir dos meus sonhos.

Agradeço também à Professora Dr^a Beatriz Rosa, por compartilhar seus vastos conhecimentos práticos, que enriqueceram significativamente minha formação. E à Professora Dr^a Ana Rita Cruz, por sua disponibilidade em ensinar e pelo apoio que foi essencial durante minha jornada acadêmica.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

Resumo

Este estudo teve como objetivo desenvolver e validar uma tarefa funcional baseada em realidade virtual, especificamente o módulo do Piano, para a avaliação das funções executivas (FEs) em uma população adulta. A tarefa foi concebida para simular atividades cotidianas de maneira controlada e envolvente, proporcionando uma avaliação mais precisa e ecologicamente válida das FEs. O estudo piloto indicou que a tarefa do Piano é viável e eficaz, mostrando correlações significativas com testes neuropsicológicos tradicionais, como o MoCA e o FAB. Além disso, a baixa incidência de sintomas de *Cyber Sickness* entre os participantes reforça a viabilidade do uso da realidade virtual em contextos clínicos. Conclui-se que a tarefa do Piano, integrada na SLB, é uma ferramenta promissora para a avaliação das FEs, com potencial para futuras aplicações clínicas.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Funções Executivas, Avaliação Neuropsicológica, Tarefa Funcional, *Cyber Sickness*.

Abstract

This study aimed to develop and validate a functional task based on virtual reality, specifically the Piano module, for the assessment of executive functions (EFs) in an adult population. The task was designed to simulate everyday activities in a controlled and engaging manner, providing a more accurate and ecologically valid assessment of EFs. The pilot study indicated that the Piano task is feasible and effective, showing significant correlations with traditional neuropsychological tests such as MoCA and FAB. Additionally, the low incidence of *Cyber Sickness* symptoms among participants reinforces the feasibility of using virtual reality in clinical contexts. It is concluded that the Piano task, integrated into the SLB, is a promising tool for the assessment of EFs, with potential for future clinical applications.

Keywords: Virtual Reality, Executive Functions, Neuropsychological Assessment, Functional Task, *Cyber Sickness*.

Abreviatura e Símbolos

AVD. Atividades da Vida Diária

BDI. *Beck Depression Inventory*

CEDIC. Comissão de Ética e Deontologia para a Investigação Científica

EUS. Escala de Usabilidade do Sistema

FAB. *Frontal Assessment Battery*

FES. Funções Executivas

MOCA. Montreal Cognitive Assessment

PFC. Córtex pré-frontal

PHDA. Perturbação de Hiperatividade e Déficit de Atenção

QCS. Questionário de *Cyber Sickness*

RV. Realidade Virtual

SLB. *Systemic Lisbon Battery*

TMT. *Trail Making Test*

WCST. *Wisconsin Card Sorting Test*

Índice

Epígrafe.....	3
Dedicatória.....	4
Agradecimentos	5
Resumo.....	7
Abstract	8
Abreviatura e Símbolos.....	9
Índice de Figuras.....	14
Introdução	15
PARTE I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
1.1. Introdução à Neuropsicologia das Funções Executivas.....	17
1.2. Avaliação Neuropsicológica das Funções Executivas.....	19
1.3. Realidade Virtual e Neuropsicologia	20
1.4. Validade Ecológica na Avaliação Neuropsicológica.....	23
1.5. Estudos de Caso e Evidências Empíricas	24
1.6. Considerações Éticas e Práticas na Utilização da Realidade Virtual	27
1.7. Objetivos.....	28
PARTE II – METODOLOGIA.....	31
2.1. Participantes.....	31
2.2. Medidas.....	32

2.2.1.	Ficha de Dados Sociodemográficos.....	32
2.2.2.	Montreal Cognitive Assessment (MoCA)	33
2.2.3.	Frontal Assessment Battery (FAB).....	33
2.2.4.	Beck Depression Inventory (BDI-II).....	33
2.2.5.	Escala de Usabilidade do Sistema (EUS)	34
2.2.6.	Questionário de Cyber Sickness (QCS).....	34
2.3.	Tarefa Experimental	34
2.3.1.	Desenvolvimento e Configuração do Módulo.....	35
2.3.1.2	Lógica de Programação	35
2.3.1.3	Integração de Sons.....	36
2.3.1.4	Mapeamento de Teclas	36
2.3.1.5	Interface Gráfica e Usabilidade	37
2.3.1.6	Testes e Otimização	38
2.3.2.	Desenvolvimento da Tarefa Experimental	38
2.3.2.3	Planeamento das Atividades Cognitivas.....	39
2.3.2.4	Implementação das Tarefas na Plataforma Unity	39
2.3.2.5	Teste de Integração das Funções Cognitivas	39
2.3.2.6	Refinamento e Validação das Tarefas	40
2.3.2.7	Implementação de Feedback para Melhoria Contínua	40
2.3.3.	Descrição das Atividades no Piano.....	41

	12
2.3.4. Modos de Interação.....	42
2.3.4.1. Tocar Livremente.....	42
2.3.4.1. Tocar uma Música Real	43
2.3.4.1. Instruções Conflituosas (FAB)	43
2.3.4.1. Go-No Go (FAB).....	44
2.3.4.1. Teste de <i>Stroop</i> no Piano	44
2.4. Procedimentos.....	45
2.5. Análise Estatística.....	46
PARTE III – RESULTADOS.....	48
3.1. Usabilidade e Viabilidade da Tarefa.....	50
3.2. Sintomas de Cyber Sickness	51
Discussão	53
Conclusão.....	58
Referências.....	59
Apêndices.....	66
Imagens Ilustrativas	68
Anexos	75
EUS.....	75
QCS.....	76

Índice de Figuras

Tabela 1	66
Tabela 2	66
Tabela 3	67
Figura 1	68
Figura 2	69
Figura 3	71
Figura 4	72
Figura 5	73
Figura 6	73

Introdução

A adaptação humana a ambientes dinâmicos deve-se às funções executivas (FEs), que incluem processos cognitivos como planeamento e controle inibitório. Estas funções são essenciais na neuropsicologia, especialmente para a gestão de condições neurológicas e psiquiátricas (Borgnis et al., 2022; Chan et al., 2008; Chicchi Giglioli et al., 2021; Miller & Cohen, 2001; Pieri et al., 2023).

Historicamente, a avaliação das FEs tem-se confrontado com desafios significativos relacionados com a precisão e a validade ecológica dos testes utilizados. Estas limitações impactam negativamente a capacidade de prever o comportamento quotidiano e funcional dos indivíduos, levando a intervenções que podem não ser totalmente eficazes (Chan et al., 2008). A evolução tecnológica recente trouxe consigo novas oportunidades para superar algumas destas limitações. Em particular, a realidade virtual (RV) apresenta-se como um meio promissor para simular cenários complexos que são mais representativos das exigências do mundo real (Gamito et al., 2020; Jung et al., 2022; Makmee & Wongupparaj, 2022; Pieri et al., 2023).

O presente estudo enquadra-se nesta vanguarda de investigação, explorando a aplicação da realidade virtual não imersiva na avaliação das FEs. Focando-se na criação de uma tarefa funcional integrada na *Systemic Lisbon Battery* (SLB), esta pesquisa visa aprimorar a precisão e a relevância ecológica das avaliações neuropsicológicas. A tarefa desenvolvida, centrada no controle inibitório e na sensibilidade à interferência, foi testada através de um estudo piloto em uma amostra de adultos saudáveis.

Ao combinar métodos tradicionais com inovações tecnológicas, este trabalho procura contribuir para um salto qualitativo na prática clínica de avaliação das FEs, proporcionando uma ferramenta que possa eventualmente ser utilizada para diagnóstico e reabilitação. Também, espera-

se que os resultados desta investigação possam fornecer *insights* valiosos sobre a utilidade da RV como ferramenta de avaliação neuropsicológica, e sobre as suas potencialidades e limitações.

Este estudo está estruturado para explorar a viabilidade e a usabilidade da tarefa proposta, avaliando a sua capacidade de engajar os participantes em um ambiente simulado que imita desafios cognitivos do dia a dia. Em última análise, pretende-se que esta investigação contribua não apenas para o avanço académico e clínico nas avaliações das FEs, mas também para o desenvolvimento de práticas de intervenção mais eficazes e individualizadas, que são críticas no tratamento e na gestão de distúrbios neuropsicológicos.

PARTE I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Introdução à Neuropsicologia das Funções Executivas

As FEs englobam um conjunto de processos cognitivos de ordem superior, cruciais para o comportamento adaptativo e para a performance diária. Estas capacidades abrangem, entre outras, o planeamento, a flexibilidade cognitiva, o controlo inibitório e a monitorização das ações. A neuropsicologia das funções executivas dedica-se a compreender de que forma estas capacidades são mediadas pelo funcionamento cerebral, especialmente pelas áreas frontais do córtex (Miller & Cohen, 2001).

A importância das funções executivas para o comportamento adaptativo é amplamente reconhecida na literatura científica. Estas funções permitem que os indivíduos ajustem o seu comportamento conforme as exigências do ambiente, facilitando a resolução de problemas complexos, a tomada de decisões e a regulação das emoções (Chan et al., 2008). Somado a isso, o desempenho diário em tarefas como gerir o tempo, organizar atividades e controlar impulsos depende fortemente da integridade das funções executivas (Chicchi Giglioli et al., 2021).

Além de serem entendidas como um conjunto de processos cognitivos de ordem superior, as funções executivas são vistas como um grupo interconectado de processos que resulta de uma rede neural distribuída. Essa rede inclui regiões críticas no córtex pré-frontal (PFC), além de conexões do PFC com outras áreas do cérebro que regulam respostas emocionais automáticas, reativas e viscerais (Hall, 2020; Miller & Cohen, 2001). Este trabalho segue o modelo de FE's proposto por Miller e Cohen, (2001), que enfatiza o papel do córtex pré-frontal no controle e modulação das respostas comportamentais, alinhando-as com objetivos de longo prazo e normas sociais. Estudos recentes têm ampliado essa perspectiva, propondo uma abordagem que envolve

redes distribuídas, onde diversas regiões cerebrais trabalham em conjunto para facilitar essas funções (Hall, 2020; Zink et al., 2021). Esses avanços refletem uma compreensão mais sofisticada das FE, com importantes implicações para a avaliação e intervenção em contextos clínicos e educacionais.

Na prática clínica, a avaliação das funções executivas é essencial para identificar défices em pacientes com diversas condições neurológicas e psiquiátricas. Distúrbios como a Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção (PHDA), lesões cerebrais traumáticas, doenças neurodegenerativas e transtornos de humor frequentemente resultam em comprometimentos das FEs. Avaliações precisas e ecologicamente válidas são fundamentais para o desenvolvimento de intervenções eficazes que possam melhorar a qualidade de vida desses pacientes (Borgnis et al., 2022; Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003).

Contudo, a avaliação das FEs enfrenta diversos desafios, especialmente no que se refere à precisão e à validade ecológica dos testes utilizados. Os testes tradicionais frequentemente falham em capturar a complexidade e a dinâmica das situações do cotidiano, o que limita sua capacidade de prever o comportamento funcional dos indivíduos fora do ambiente clínico. Este desafio destaca a necessidade de inovações nos métodos de avaliação, com a RV surgindo como uma solução promissora para melhorar a representatividade dos cenários de teste (Chan et al., 2008; Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Parsons, 2015).

A RV permite a criação de ambientes simulados complexos que podem replicar as exigências do mundo real de maneira controlada e segura. Esta tecnologia tem o potencial de proporcionar uma avaliação mais precisa e relevante das FEs, ao possibilitar que os indivíduos realizem tarefas que se assemelham mais de perto às suas atividades diárias. Estudos recentes indicam que o uso da RV na neuropsicologia pode superar algumas limitações dos métodos

tradicionais, oferecendo uma alternativa inovadora e eficaz para a avaliação e reabilitação das funções executivas (Gamito et al., 2020; Makmee & Wongupparaj, 2022; Pieri et al., 2023).

1.2. Avaliação Neuropsicológica das Funções Executivas

Avaliar as FEs permite um diagnóstico preciso de várias condições neurológicas e psiquiátricas, facilitando a elaboração de intervenções terapêuticas adequadas (Jurado & Rosselli, 2007; Lezak et al., 2012).

Os métodos tradicionais de avaliação das funções executivas utilizam uma variedade de testes padronizados que medem diferentes componentes das FEs. Testes como o *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST), o *Stroop*, o *Trail Making Test* (TMT), e a *Frontal Assessment Battery* (FAB) são amplamente utilizados na prática clínica e em pesquisas devido à sua capacidade de avaliar múltiplos aspectos das funções executivas (Chan et al., 2008; Lima et al., 2008).

Apesar de sua utilidade, os métodos tradicionais de avaliação das FEs apresentam limitações. Primeiramente, muitos desses testes carecem de validade ecológica, ou seja, a capacidade de prever como os indivíduos se comportam em contextos do dia a dia. Testes realizados em ambientes controlados podem não refletir com precisão as habilidades executivas necessárias para a vida real, limitando sua aplicabilidade clínica (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Parsons, 2015; Spooner & Pachana, 2006).

Não obstante, os testes tradicionais frequentemente não capturam a complexidade e a dinâmica das situações cotidianas. As tarefas nestes testes são muitas vezes descontextualizadas e não representam os desafios multifacetados que as pessoas enfrentam diariamente. Esta desconexão pode levar a uma subestimação ou superestimação das capacidades executivas dos indivíduos, resultando em diagnósticos imprecisos e intervenções inadequadas (Parsons, 2015).

Outra limitação é a variabilidade nos resultados devido a fatores não relacionados às FEs, como o estado emocional, o nível de motivação e a compreensão das instruções pelos pacientes. Esta variabilidade pode comprometer a confiabilidade dos resultados dos testes (Borgnis et al., 2022; Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003).

Dadas as limitações das abordagens tradicionais, há uma necessidade crescente de inovação nos métodos de avaliação das FEs. A integração de tecnologias avançadas, como a RV, surge como uma solução promissora para superar essas limitações. A RV permite a criação de ambientes simulados complexos que podem replicar as exigências do mundo real de maneira controlada e segura, oferecendo uma avaliação mais precisa e relevante das FEs (Gamito et al., 2020).

A utilização da RV na avaliação neuropsicológica permite que os indivíduos realizem tarefas que se assemelham mais de perto às suas atividades diárias, aumentando assim a validade ecológica dos testes (Makmee & Wongupparaj, 2022). Estudos indicam que a RV pode proporcionar uma avaliação mais abrangente e detalhada das FEs, superando as limitações dos métodos tradicionais e oferecendo uma alternativa inovadora e eficaz (Pieri et al., 2023).

Portanto, a inovação nos métodos de avaliação das funções executivas é crucial para uma prática clínica mais precisa e eficaz. A combinação de tecnologias como a RV com abordagens tradicionais tem o potencial de transformar a avaliação neuropsicológica, melhorando a identificação de défices e a elaboração de intervenções terapêuticas mais eficazes.

1.3. Realidade Virtual e Neuropsicologia

A RV é uma tecnologia que permite a criação de ambientes tridimensionais gerados por computador, proporcionando aos utilizadores uma sensação de presença em cenários virtuais. A RV pode ser categorizada em dois tipos principais: imersiva e não imersiva. A RV imersiva utiliza

dispositivos como óculos de realidade virtual e sistemas de rastreamento de movimento para oferecer uma experiência de imersão total, onde o utilizador sente-se completamente envolvido no ambiente virtual. Em contraste, a RV não imersiva é caracterizada por interações mais limitadas, geralmente através de ecrãs tradicionais e dispositivos de entrada como teclados e ratos, oferecendo uma experiência menos envolvente (Parsons, 2015; Ventura et al., 2019).

O uso da RV na neuropsicologia começou a ganhar atenção nos anos 90, com os primeiros estudos a explorar as suas aplicações em avaliação e reabilitação cognitiva. Rapidamente, a RV foi reconhecida como uma ferramenta inovadora para criar ambientes de teste mais próximos da realidade, permitindo a simulação de atividades cotidianas de forma mais precisa e controlada (Langenbahn et al., 2019).

Pesquisas iniciais concentraram-se na reabilitação de pacientes com lesões cerebrais traumáticas e acidentes vasculares cerebrais, mostrando melhorias em habilidades cognitivas específicas através de intervenções com RV. Com os avanços tecnológicos, a RV passou a ser utilizada para avaliar funções executivas, memória e outras capacidades cognitivas, evidenciando vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais. (Chan et al., 2008; Gamito et al., 2020; Parsons, 2015).

A RV apresenta diversas vantagens em comparação com os métodos tradicionais de avaliação e intervenção neuropsicológica. Primeiramente, a possibilidade de criar ambientes altamente controlados e replicáveis permite que neuropsicólogos avaliem os pacientes em cenários que refletem fielmente as condições do cotidiano, aumentando a validade ecológica dos testes. Para mais, a RV pode fornecer *feedback* imediato e ajustável, permitindo a personalização dos programas de reabilitação de acordo com as necessidades individuais dos pacientes. Outra vantagem é o aumento do engajamento e motivação dos pacientes, que geralmente respondem

melhor a tarefas interativas e envolventes, resultando em maior adesão aos programas de reabilitação (Borgnis et al., 2022; Gamito et al., 2020; Parsons, 2015).

Apesar das suas vantagens, o uso de RV na neuropsicologia enfrenta desafios e limitações. Um dos principais desafios é o custo elevado dos equipamentos de RV imersiva, o que pode restringir a sua acessibilidade em contextos clínicos. Adicionalmente, existe uma curva de aprendizagem associada ao uso desta tecnologia tanto para os pacientes como para os profissionais de saúde, o que pode requerer formação especializada. A *Cyber Sickness*, manifestada por sintomas de náusea e desorientação devido à exposição prolongada a ambientes virtuais, constitui outra limitação que pode afetar a tolerância dos pacientes aos programas de RV. Adicionalmente, a necessidade de validação científica rigorosa dos protocolos de RV é crucial para assegurar a sua eficácia e segurança, exigindo estudos extensivos e controlados para estabelecer padrões de uso clínico (Borgnis et al., 2022; Gamito et al., 2020; Parsons, 2015).

A integração de RV na reabilitação neuropsicológica tem mostrado resultados promissores em várias áreas. Por exemplo, a RV tem sido utilizada com sucesso em tratamento de fobias, transtorno de estresse pós-traumático e na reabilitação cognitiva de pacientes com esclerose múltipla, anorexia nervosa e transtorno de compulsão alimentar. Nestes contextos, a RV permite a simulação de situações diárias complexas que são difíceis de replicar em ambiente clínico tradicional, oferecendo uma plataforma segura e controlada para a prática e desenvolvimento de habilidades cognitivas e comportamentais (Riva et al., 2016; So et al., 2022; Tacchino et al., 2023).

Portanto, a inovação nos métodos de avaliação e reabilitação das funções executivas é crucial para uma prática clínica mais precisa e eficaz. A combinação de tecnologias como a RV com abordagens tradicionais tem o potencial de transformar a avaliação neuropsicológica, melhorando a identificação de défices e a elaboração de intervenções terapêuticas mais eficazes.

1.4. Validade Ecológica na Avaliação Neuropsicológica

A validade ecológica refere-se à extensão em que os resultados de uma avaliação ou estudo podem ser generalizados para contextos do mundo real. Este conceito é particularmente importante na neuropsicologia, onde os testes e avaliações são frequentemente utilizados para prever o desempenho funcional dos indivíduos em suas atividades diárias. A validade ecológica é essencial para garantir que as intervenções propostas realmente atendam às necessidades dos pacientes e promovam melhorias tangíveis em sua vida cotidiana (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Parsons et al., 2017; Spooner & Pachana, 2006).

As FEs desempenham um papel crucial na capacidade dos indivíduos de planejar, tomar decisões e controlar comportamentos complexos. A avaliação das FEs em contextos clínicos visa identificar défices específicos que possam impactar a qualidade de vida dos pacientes. No entanto, muitos dos métodos tradicionais de avaliação das FEs, como testes de papel e lápis ou tarefas realizadas em ambientes altamente controlados, carecem de validade ecológica. Isso significa que, embora esses métodos possam medir com precisão certos aspectos das FEs em condições de laboratório, eles frequentemente não refletem como essas funções se manifestam em situações do dia a dia (Chan et al., 2008; Parsons, 2015).

A baixa validade ecológica dos testes tradicionais pode levar a intervenções que não são totalmente eficazes, uma vez que não consideram as complexidades e demandas do ambiente real em que os indivíduos operam. Por isso, a incorporação de métodos que aumentem a validade ecológica é fundamental para melhorar a precisão dos diagnósticos e a eficácia das intervenções neuropsicológicas (Borgnis et al., 2022; Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Parsons, 2015; Spooner & Pachana, 2006).

A RV apresenta uma solução promissora para superar as limitações dos métodos tradicionais de avaliação das FEs, oferecendo uma maneira de criar ambientes de teste que são mais representativos das situações do mundo real. A RV permite a simulação de cenários complexos e dinâmicos onde os indivíduos podem ser avaliados enquanto realizam tarefas que se assemelham às suas atividades diárias (Gamito et al., 2020; Makmee & Wongupparaj, 2022; Parsons, 2015).

Estudos indicam que a utilização da RV pode melhorar significativamente a validade ecológica dos testes de FEs. Por exemplo, a RV pode ser utilizada para criar ambientes de cozinha onde os pacientes devem planejar e executar uma série de tarefas, ou cenários de condução que avaliam a capacidade de tomar decisões rápidas e seguras. Esses tipos de avaliações são mais indicativos de como os indivíduos irão se comportar em situações reais, oferecendo uma avaliação mais precisa e útil das suas capacidades executivas (Gamito et al., 2020; Makmee & Wongupparaj, 2022).

Ademais, a RV permite a coleta de dados detalhados sobre o desempenho dos indivíduos em tempo real, proporcionando uma análise mais granular e abrangente das suas FEs. A capacidade de ajustar os cenários virtuais de acordo com as necessidades específicas dos pacientes também permite a personalização das avaliações e intervenções, aumentando ainda mais a sua eficácia (Kim et al., 2019; Pieri et al., 2023).

1.5. Estudos de Caso e Evidências Empíricas

Diversos estudos recentes têm explorado a utilização da RV na avaliação das FEs, revelando resultados promissores em termos de validade ecológica e aplicabilidade clínica. Por exemplo, Borgnis et al. (2022) conduziram uma revisão sistemática que identificou 100 estudos sobre ferramentas de RV voltadas para a avaliação das funções executivas. A revisão destacou que

o uso da RV pode aumentar significativamente a validade ecológica das avaliações neuropsicológicas, proporcionando cenários realistas que refletem melhor as exigências do dia a dia. Este achado é particularmente relevante no contexto da neuropsicologia, onde a precisão e a aplicabilidade dos testes são cruciais para o diagnóstico e intervenção eficazes.

Uma meta-análise realizada por Moulaei et al. (2024) destacou a eficácia dos programas de treinamento baseados em RV na melhoria de distúrbios cognitivos, incluindo a função executiva, com efeitos significativos em múltiplas áreas cognitivas, como atenção, memória e desempenho motor em indivíduos com comprometimento cognitivo leve e demência. A análise incluiu 10 estudos rigorosamente selecionados, abrangendo uma amostra significativa de participantes. Os resultados indicaram que a RV é particularmente eficaz em contextos onde os pacientes enfrentam desafios relacionados à função executiva, oferecendo uma abordagem inovadora e adaptável às necessidades individuais. Além disso, a meta-análise apontou a RV como uma ferramenta promissora para intervenções que visam retardar o declínio cognitivo, melhorar a qualidade de vida dos pacientes e fornecer alternativas eficazes e acessíveis às abordagens terapêuticas tradicionais.

Revisões sistemáticas mostraram que ambientes virtuais simulados proporcionam estimativas mais precisas das deficiências executivas, aumentando a validade ecológica dos testes (Buele & Palacios-Navarro, 2023; Gamito et al., 2020; Maples-Keller et al., 2017; Parsons, 2015).

Um estudo de destaque é o de García-Betances et al. (2015), que utilizaram a RV para o treino cognitivo de idosos com demência leve a moderada. Os resultados indicaram que a RV não apenas melhorou as capacidades cognitivas dos participantes, mas também aumentou a sua motivação e engajamento nas sessões de treino. Adicionalmente, Kim et al. (2019) realizaram uma meta-análise que confirmou a eficácia da RV em melhorar as funções executivas em indivíduos

com comprometimento cognitivo leve ou demência, destacando a flexibilidade da RV em adaptar-se às necessidades específicas dos pacientes.

Contudo, apesar dos resultados promissores, alguns desafios permanecem. A variabilidade individual na resposta à RV, incluindo a ocorrência de *Cyber Sickness*, é uma preocupação significativa. Gamito et al., (2020) relataram que uma pequena percentagem de participantes experimentou desconforto durante as sessões de RV, o que pode limitar a aplicabilidade desta tecnologia em certas populações. Aliás, o custo dos equipamentos de RV ainda é elevado, o que pode restringir o seu uso em ambientes clínicos com recursos limitados (García-Betances et al., 2015; Kim et al., 2019; Maples-Keller et al., 2017).

Casos de sucesso incluem a implementação da RV em programas de reabilitação cognitiva para pacientes com lesões cerebrais traumáticas, onde foi observada uma recuperação mais rápida e eficaz das funções cognitivas comparativamente aos métodos tradicionais. Outro exemplo é o uso da RV em ambientes educacionais para crianças com PHDA, onde se verificou uma melhoria significativa na atenção e no comportamento das crianças (Maples-Keller et al., 2017; Proffitt & Lange, 2015).

Entretanto, as dificuldades encontradas são notáveis. A necessidade de formação especializada para profissionais de saúde que utilizam a RV representa um obstáculo adicional, uma vez que requer tempo e recursos para garantir a competência na utilização desta tecnologia (Borgnis et al., 2022; Kim et al., 2019; Maples-Keller et al., 2017).

Em conjunto, estes estudos recentes reforçam a relevância da investigação atual sobre o uso da RV na avaliação e intervenção em funções executivas. Eles não apenas ampliam o entendimento sobre as potencialidades da RV na neuropsicologia, mas também apontam para novas direções de

pesquisa que podem contribuir para o desenvolvimento de práticas mais eficazes e ecologicamente válidas.

Em conclusão, a RV apresenta-se como uma ferramenta inovadora e eficaz na avaliação e intervenção das FEs, oferecendo uma alternativa promissora aos métodos tradicionais. No entanto, é crucial abordar as dificuldades associadas ao seu uso para maximizar os benefícios clínicos e garantir a sua implementação eficaz em contextos diversos (Gamito et al., 2020; Parsons, 2015).

1.6. Considerações Éticas e Práticas na Utilização da Realidade Virtual

A aplicação da realidade virtual (RV) em neuropsicologia apresenta diversos desafios éticos. Primeiramente, a privacidade e a proteção de dados dos pacientes são preocupações centrais. Os ambientes virtuais coletam uma vasta quantidade de dados sensíveis, incluindo reações emocionais e comportamentais, que devem ser protegidos contra acessos não autorizados e possíveis violações de privacidade. Acrescente-se que, o consentimento informado é crucial, pois os participantes devem estar plenamente cientes dos riscos e benefícios associados ao uso da RV, incluindo a possibilidade de desconforto físico ou emocional, como a *Cyber Sickness* (Bohil et al., 2011; Parsons, 2015).

Outro desafio ético envolve a equidade no acesso à tecnologia. O custo elevado dos equipamentos de RV pode limitar sua disponibilidade em diferentes contextos clínicos, exacerbando desigualdades no atendimento de saúde. Para mais, a necessidade de formação especializada para os profissionais que utilizam a RV pode criar barreiras adicionais para sua implementação (Rizzo et al., 2004).

A implementação prática da RV em ambientes clínicos requer a consideração de vários fatores. Primeiramente, é essencial garantir que os dispositivos de RV sejam tecnicamente robustos

e seguros para uso, minimizando o risco de falhas técnicas que possam interromper as sessões de tratamento. A ergonomia e o conforto dos dispositivos também são importantes para assegurar que os pacientes possam utilizá-los por períodos prolongados sem desconforto significativo (Diemer et al., 2015; Lange et al., 2012).

A integração da RV nos processos clínicos deve ser feita de maneira que complemente os métodos tradicionais de avaliação e intervenção, proporcionando valor adicional sem substituir completamente as abordagens estabelecidas. Para além disso, a RV deve ser adaptada para atender às necessidades específicas de diferentes populações de pacientes, incluindo crianças, idosos e indivíduos com diversas condições neurológicas e psiquiátricas (Bohil et al., 2011; Lange et al., 2012).

Para o uso responsável da RV em pesquisa e prática clínica, algumas diretrizes devem ser seguidas. Primeiramente, os pesquisadores e clínicos devem garantir que todas as aplicações de RV sejam baseadas em evidências científicas robustas, com estudos piloto e ensaios clínicos rigorosos para validar a eficácia e a segurança das intervenções (Parsons, 2015).

1.7. Objetivos

Como destacado na revisão da literatura, a avaliação tradicional das FEs enfrenta desafios relacionados à precisão, correlação restrita entre diferentes testes e limitações na predição do desempenho nas Atividades da Vida Diária (AVD). Nesse contexto, a realidade virtual surge como uma alternativa promissora, oferecendo uma abordagem mais acessível e prática (Chan et al., 2008; Pieri et al., 2023).

Ao considerar estudos anteriores que evidenciam melhorias nas funções executivas com o uso da tecnologia da informação e comunicação, este projeto se concentrará na aplicação da

realidade virtual não imersiva para simular atividades do cotidiano. Pretende-se avaliar a eficácia dessa abordagem, comparando-a com intervenções tradicionais, e analisar seu impacto nas FEs.

No entanto, a validade ecológica permanece uma consideração crucial. Esse estudo visa abordar essa questão, garantindo que a avaliação das FEs por meio da realidade virtual não imersiva seja não apenas clinicamente válida, mas também representativa do desempenho em situações do mundo real. A integração cuidadosa de medidas de validade ecológica permitirá uma avaliação mais abrangente e precisa dos resultados.

Para isso iremos utilizar a SLB, que se configura como uma plataforma de realidade virtual/*serious games* (jogos sérios). Essa plataforma oferece um ambiente versátil para a avaliação e treino cognitivo. Em suas diferentes versões, a SLB pode compreender desde uma cidade virtual com vários edifícios até um apartamento de duas assoalhadas e diversos espaços comerciais nas proximidades. Cada sessão é projetada com um propósito específico, alinhado aos objetivos de avaliação ou treino cognitivo. Os participantes têm a liberdade de movimentação, interação com objetos e realização de atividades cotidianas específicas durante as sessões. Desenvolvida na plataforma *Unity*, essa ferramenta proporciona uma experiência imersiva e funcional simulando atividades da vida diária (Abril, 2020; Gamito et al., 2016; Lopes et al., 2016).

Diante dos desafios existentes na avaliação das funções executivas, particularmente no que se refere ao controle inibitório e à sensibilidade à interferência, este projeto propõe uma abordagem de continuidade no desenvolvimento e aprimoramento da SLB por meio do desenvolvimento de uma nova tarefa nessa que focará no controle inibitório e sensibilidade à interferência, esta ferramenta buscará preencher lacunas na avaliação das FEs, permitindo uma análise mais detalhada e específica desses processos cognitivos complexos.

Portanto, delineiam-se os objetivos gerais e específicos da seguinte maneira:

1. Desenvolvimento de uma tarefa funcional baseada na SLB.
2. Estudo piloto para avaliação da viabilidade e usabilidade da tarefa numa população normativa.

Em última análise, este estudo busca contribuir para o avanço das práticas de avaliação e intervenção das FEs, explorando uma abordagem inovadora e tecnologicamente avançada que possa ser mais eficaz, acessível e ecologicamente válida.

PARTE II – METODOLOGIA

2.1. Participantes

No presente estudo, participaram 17 indivíduos com conjuntos completos de dados para todas as variáveis analisadas. Todos os participantes reportaram ter visão normal ou adequadamente corrigida. No que concerne a distúrbios neurológicos, a grande maioria, 15 (88,2%), não apresentou condições neurológicas, enquanto 1 (5,9%) relatou ter visão turva e outro 1 (5,9%) perturbações do sono e cefaleias ($Mdn = 2$, $IQQ = 0$). A distribuição das idades dos participantes variou entre 18 e 50 anos, com uma média de idade de 35,59 anos e um desvio padrão de 9,94 anos. Quanto ao género, o grupo incluiu 6 homens (35,3%) e 11 mulheres (64,7%). Em relação ao nível de escolaridade, a média foi de 16,23 anos de estudo, com um desvio padrão de 3,99 anos.

No que concerne às condições de saúde e competências linguísticas, procedeu-se à codificação e análise quantitativa. As categorias de doenças psiquiátricas incluíram Perturbação de Hiperatividade e Déficit de Atenção (*PHDA*) com uma frequência de 2 (11,8%), e a ausência de condições psiquiátricas foi a mais reportada, com 13 casos (76,5%). Foram igualmente codificadas condições como Depressão e Ansiedade e desconhecimento de condições psiquiátricas, cada uma com 1 participante (5,9%). A mediana e o intervalo interquartilico para estas variáveis mantiveram-se no valor 2 e 0, respetivamente.

Quanto à nacionalidade, a maioria dos participantes (64,7%) foram classificados como Brasileiros(a) ($Mo = 2$), enquanto 35,3% como Portugueses(a). A língua de origem predominante foi a Portuguesa, com 100% dos casos ($Mo = 1$). No que respeita a problemas visuais e auditivos, a ausência destes foi a condição mais frequente ($Mo = 2$), reportada por 52,9% e 88,2% dos

participantes, respetivamente. A maioria dos participantes indicou não ter problemas de audição em ambientes ruidosos (76,5%) e ser desatento (58,8%). A agitação foi negada por 70,6% dos indivíduos, enquanto a compreensão em conversação foi afirmada por 94,1%.

Relativamente às dificuldades severas em leitura, escrita ou dislexia, todos os participantes indicaram não possuir tais dificuldades (100%). Nas variáveis relacionadas a dificuldades específicas em matemática e percepção motora, a maioria (70,6% e 100%, respetivamente) também negou a presença dessas condições. O mesmo padrão de resposta foi observado para dificuldades de aprendizagem em linguagem e gaguez, 16 (94.1%) não apresentam essas condições e 1 (5.9%) relata apresentar.

Por fim, quanto às habilidades cognitivas e acompanhamento terapêutico, observou-se que a maioria (11) considerava ter uma boa memória (64,7%) e que não fazia uso de medicação nem recebia acompanhamento psicológico (58,8%).

2.2. Medidas

Neste estudo, foram utilizadas diversas medidas neuropsicológicas para avaliar as FEs dos participantes. As medidas incluíram testes de rastreio cognitivo, avaliações do funcionamento frontal, escalas de sintomatologia depressiva, avaliações de usabilidade e questionários de autorrelato. A seguir, são descritos os principais instrumentos utilizados:

2.2.1. Ficha de Dados Sociodemográficos

Descrição: Um questionário para coletar informações demográficas dos participantes, como idade, gênero, nível educacional e histórico de saúde (adaptado para este estudo).

Propósito: Caracterizar a amostra do estudo e controlar variáveis demográficas que possam influenciar os resultados das avaliações neuropsicológicas.

2.2.2. Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

Descrição: O MoCA é um teste de rastreio cognitivo amplamente utilizado para detetar comprometimentos cognitivos leves. Este avalia múltiplas funções cognitivas, incluindo memória, atenção, linguagem, habilidades visuoespaciais e funções executivas (Nasreddine et al., 2005).

Propósito: Garantir que os participantes não apresentem déficits cognitivos significativos que possam interferir na realização das tarefas experimentais.

2.2.3. Frontal Assessment Battery (FAB)

Descrição: A FAB é um conjunto de tarefas projetadas para avaliar o funcionamento executivo frontal. Esta inclui testes de controle inibitório, planeamento, flexibilidade mental e sensibilidade à interferência (Dubois et al., 2000).

Propósito: Avaliar de forma abrangente as funções executivas dos participantes, fornecendo uma medida do desempenho frontal.

2.2.4. Beck Depression Inventory (BDI-II)

Descrição: O BDI-II é uma escala de autorrelato utilizada para avaliar a presença e a severidade de sintomas depressivos. Contém 21 itens que medem sintomas afetivos, cognitivos e somáticos da depressão (Upton, 2013).

Propósito: Observar participantes com sintomas depressivos moderados a severos, garantindo a homogeneidade da amostra e a precisão na avaliação das FEs.

2.2.5. Escala de Usabilidade do Sistema (EUS)

Descrição: A EUS é uma ferramenta simples e confiável para medir a usabilidade de diversos sistemas e produtos. Consiste em um questionário de 10 itens que avalia aspectos como a facilidade de uso e a satisfação do usuário (Brooke, 1996).

Propósito: Avaliar a usabilidade da tarefa experimental desenvolvida na plataforma SLB, garantindo que os participantes possam interagir com a aplicação de forma eficaz e intuitiva.

2.2.6. Questionário de Cyber Sickness (QCS)

Descrição: O QCS é um questionário de autorrelato que avalia os sintomas de *Cyber Sickness*, como náusea, tontura e desconforto ocular, que podem ocorrer durante a exposição a ambientes de realidade virtual (Kennedy et al., 1993).

Propósito: Monitorar e quantificar os sintomas de *Cyber Sickness* nos participantes, assegurando que a exposição à realidade virtual seja segura e tolerável.

2.3. Tarefa Experimental

A tarefa experimental desenvolvida no contexto do projeto SLB tem como principal objetivo avaliar funções executivas específicas, como controle inibitório e sensibilidade à interferência, utilizando um plano virtual como interface principal. O desenvolvimento dessa tarefa envolveu a criação de um módulo interativo e adaptável, que simula desafios cognitivos complexos em um ambiente virtual controlado. As atividades descritas são acompanhadas por figuras ilustrativas, presentes nos apêndices, que demonstram as interfaces e interações disponíveis.

2.3.1. Desenvolvimento e Configuração do Módulo

O módulo do Piano foi desenvolvido na plataforma *Unity*, versão 2019.4.40f1, em um computador com sistema operacional Windows 11. A *Unity* é amplamente usada para a criação de jogos e aplicações interativas, oferecendo suporte robusto para gráficos, áudio e interatividade. A interface principal consiste em um piano virtual que simula fielmente as características de um piano real, tanto em termos de som quanto de interatividade. A Figura 1 nos Apêndices ilustra a tela inicial, onde o pesquisador pode configurar parâmetros como o tempo de espera entre estímulos, o número de ensaios, a seleção de músicas e a alternância de sons, ajustando a experiência de acordo com as necessidades da avaliação (Unity, 2024).

O desenvolvimento do módulo do Piano envolveu uma série de etapas técnicas complexas para garantir que o sistema fosse robusto, responsivo e adequado para a avaliação cognitiva. Abaixo, são detalhados os principais aspectos técnicos que foram abordados durante a implementação do módulo na plataforma *Unity*.

2.3.1.2 Lógica de Programação

A lógica de programação foi implementada utilizando C#, a linguagem padrão para desenvolvimento na plataforma *Unity*. A escolha do C# permitiu um controle preciso sobre o comportamento dos objetos e uma integração fluida com os componentes de áudio e gráficos da *engine*, essencial para o desenvolvimento das funcionalidades interativas e complexas.

Manipulação de Eventos de Teclado e Rato: Uma parte crucial da lógica envolveu a captura de eventos de teclado e rato para mapear as teclas do piano virtual. O código foi estruturado para garantir que os eventos fossem capturados de forma eficiente, com uma resposta rápida e precisa aos comandos do usuário.

Sequenciamento e Sincronização: A lógica também incluiu a programação de sequências de notas para as tarefas musicais. Por exemplo, nas atividades em que os participantes precisam seguir uma sequência específica de teclas, o código foi projetado para controlar a exibição das notas e a temporização das interações, assegurando que a experiência seja fluida e sincronizada.

2.3.1.3 Integração de Sons

A integração de sons no módulo foi outro aspecto fundamental, uma vez que o *feedback* auditivo é essencial para as atividades desenvolvidas. Os arquivos de áudio das notas do piano foram integrados ao sistema e configurados para serem acionados em resposta às interações do usuário.

Gestão de Áudio: O sistema de gestão de áudio foi programado para tocar a nota correspondente a cada tecla pressionada. Além disso, o código permitiu a alternância de sons em certas atividades, como nas "Instruções Conflituosas" e "Go-No Go", onde diferentes sons são usados para aumentar a complexidade e avaliar a sensibilidade à interferência.

Sincronização Audiovisual: Para garantir uma experiência de usuário coesa, a reprodução dos sons foi sincronizada com os *feedbacks* visuais na interface, como a animação das teclas e as mudanças de cor. Isso envolveu o uso de corrotinas em C#, que permitem a execução de ações temporizadas de forma assíncrona, mantendo a fluidez das interações.

2.3.1.4 Mapeamento de Teclas

O mapeamento de teclas foi implementado para garantir que cada tecla do teclado do computador correspondesse a uma tecla específica do piano virtual. Esse mapeamento foi essencial para atividades como "Tocar uma Música Real" e os subtestes baseados no *Stroop*.

Configuração de Input: O mapeamento foi realizado configurando o sistema de input da *Unity* para capturar as teclas pressionadas e traduzir essas entradas em ações dentro do piano virtual. Isso permitiu que os participantes tivessem uma experiência de toque semelhante à de um piano real, mesmo utilizando um teclado comum.

Interface Gráfica Adaptável: A interface gráfica foi projetada para ser adaptável, permitindo que os participantes escolhessem entre visualizar as notas musicais ou as teclas do teclado. Esse recurso foi programado de forma a ser ativado ou desativado conforme a necessidade, oferecendo suporte visual adicional para diferentes níveis de familiaridade com o piano.

2.3.1.5 Interface Gráfica e Usabilidade

A interface gráfica do módulo do Piano foi desenvolvida para ser intuitiva e acessível, facilitando a navegação e a interação dos participantes com as atividades propostas.

Design Responsivo: A interface foi criada utilizando componentes gráficos da *Unity*, como *sliders*, *toggles*, *combo box* e botões, que foram programados para permitir ajustes precisos dos parâmetros de cada tarefa. Esses componentes foram organizados de maneira a proporcionar uma experiência de usuário fluida, onde as instruções e feedbacks são apresentados de forma clara e imediata.

Feedback Visual: Para cada ação realizada pelo participante, o sistema foi programado para fornecer *feedback* visual em tempo real, como a mudança de cor das teclas pressionadas ou a exibição de mensagens na tela. Esse *feedback* imediato é crucial para manter o engajamento do participante e garantir a precisão na execução das tarefas.

2.3.1.6 Testes e Otimização

Após a implementação, o módulo passou por testes rigorosos para identificar e corrigir problemas de desempenho, com otimizações aplicadas para assegurar uma operação eficiente em máquinas com diferentes capacidades de processamento.

Debugging e Ajustes: Durante os testes, foram utilizadas ferramentas de *debugging* para monitorar o comportamento do sistema e identificar áreas que necessitavam de ajustes. Isso incluiu a calibração da sensibilidade ao input, a melhoria na sincronização dos eventos audiovisuais, e a otimização do uso de memória e recursos gráficos.

Feedback dos Usuários: O *feedback* obtido através dos testes piloto foi essencial para refinar a interface e as funcionalidades do módulo, assegurando que o sistema atendesse plenamente às expectativas e necessidades dos usuários finais.

2.3.2. Desenvolvimento da Tarefa Experimental

O desenvolvimento da tarefa experimental foi orientado para a avaliação das funções executivas dos participantes, utilizando um plano virtual como ferramenta principal. Cada tarefa foi desenhada para desafiar diferentes aspectos cognitivos, como memória, atenção e controle inibitório, baseando-se em subtestes neuropsicológicos como os subtestes "Instruções Conflituosas" e "Go-No Go" da FAB, e no teste *Stroop*. Essas atividades foram implementadas para assegurar que as funções executivas sejam avaliadas de maneira precisa e eficaz.

2.3.2.3 Planeamento das Atividades Cognitivas

O processo de desenvolvimento começou com o planeamento cuidadoso das atividades que iriam compor o módulo. As funções executivas a serem avaliadas foram definidas com base em subtestes neuropsicológicos reconhecidos, como os subtestes "Instruções Conflituosas" e "Go-No Go" da FAB, além de uma tarefa adicional inspirada no teste *Stroop*.

As atividades incluem “Instruções Conflituosas”, “Go-No Go”, e um teste *Stroop* adaptado, cada uma direcionada para aspectos específicos das funções executivas, como controle inibitório, sensibilidade à interferência, e flexibilidade cognitiva.

2.3.2.4 Implementação das Tarefas na Plataforma Unity

Com as atividades cognitivas planejadas, a implementação das tarefas foi realizada na plataforma Unity. A programação permitiu o desenvolvimento de uma lógica de interação robusta, que inclui a detecção precisa de inputs via teclado e rato, a execução de respostas auditivas e visuais, e a sincronização das ações dos participantes com os estímulos apresentados.

O piano virtual foi criado para simular com precisão as características de um piano real, com cada tecla mapeada para corresponder a uma tecla do teclado do computador, permitindo uma interação intuitiva. As tarefas foram programadas para apresentar estímulos específicos e monitorar as respostas dos participantes, garantindo a precisão na avaliação das funções executivas.

2.3.2.5 Teste de Integração das Funções Cognitivas

Uma vez implementadas, as tarefas foram integradas no módulo para garantir que operassem de maneira coesa e eficaz. Cada tarefa foi testada individualmente e em conjunto com as outras, para verificar a consistência das respostas e a fluidez da experiência do usuário.

Feedback Imediato: Durante o desenvolvimento, foi dada ênfase à implementação de feedback visual e auditivo em tempo real, para que os participantes pudessem ajustar suas respostas imediatamente, caso necessário.

Ajuste de Parâmetros: A interface foi projetada para permitir ajustes em tempo real, como a alteração do tempo de resposta, a mudança no número de ensaios, e a ativação ou desativação da exibição de notas ou teclas, conforme descrito anteriormente.

2.3.2.6 Refinamento e Validação das Tarefas

Após a fase de implementação, o módulo passou por uma série de refinamentos, baseados em testes piloto realizados com grupos de participantes. Esses testes foram essenciais para identificar e corrigir problemas técnicos, bem como para ajustar a dificuldade das tarefas de acordo com o perfil dos usuários.

Testes Piloto: Durante os testes piloto, os parâmetros de cada tarefa foram ajustados para garantir que fossem desafiadores, mas acessíveis, aos participantes. O feedback dos usuários foi crucial para otimizar a experiência e garantir a validade das avaliações.

Validação das Respostas: As respostas dos participantes foram rigorosamente validadas para assegurar que o módulo medisse com precisão as funções executivas. Isso incluiu a calibração dos tempos de resposta, a precisão no registo de inputs e a sincronização entre os estímulos visuais e auditivos.

2.3.2.7 Implementação de Feedback para Melhoria Contínua

Com a tarefa experimental em pleno funcionamento, foi estabelecido um sistema de feedback contínuo para permitir melhorias futuras. Este sistema coleta dados sobre o desempenho

dos participantes e a eficiência do módulo, oferecendo *insights* para ajustes e inovações subsequentes.

Coleta de Dados: O módulo foi configurado para registrar todas as interações dos participantes, permitindo uma análise detalhada do desempenho e facilitando a identificação de áreas que poderiam beneficiar de melhorias adicionais.

Análise e Implementação de Melhorias: Com base nos dados coletados, foram realizadas melhorias contínuas no módulo, visando aumentar sua eficácia e adaptabilidade para diferentes contextos de avaliação.

2.3.3. Descrição das Atividades no Piano

O desenvolvimento das atividades no piano envolveu a criação de uma série de tarefas interativas que permitem a avaliação detalhada das funções executivas dos participantes. Cada atividade foi projetada para desafiar diferentes aspectos cognitivos, proporcionando uma abordagem abrangente para a avaliação. A implementação destas atividades seguiu uma metodologia rigorosa, com base em princípios estabelecidos na neuropsicologia, garantindo a validade e a eficácia das tarefas. As atividades foram continuamente refinadas através de testes e *feedback*, assegurando que cada uma proporciona uma experiência otimizada e relevante para a avaliação cognitiva.

A interface da atividade do Piano inclui diversos parâmetros que podem ser ajustados pelo utilizador para personalizar a experiência e regular o nível de desafio de acordo com as necessidades específicas da avaliação. Na Figura 1, podemos observar a tela com os parâmetros configuráveis, que incluem:

Espera: Define o tempo de espera entre cada ação automática do sistema, com a possibilidade de ajuste para um intervalo em segundos, permitindo controlar o ritmo da atividade.

Ensaios: Permite definir o número de ensaios que o participante realizará, com um exemplo de configuração em 10 ensaios. Isso ajusta a duração e a intensidade da tarefa.

Música: Permite selecionar músicas específicas associadas à tarefa de "Tocar uma Música Real" ou deixar a opção em "Nenhum". Ao selecionar uma música, a sequência de teclas correspondente será exibida para que o participante possa seguir e tocar a música indicada.

Alternar Sons Avaliação: Esta opção, quando selecionada, permite alternar entre diferentes teclas que são tocadas automaticamente durante as tarefas "Instruções Conflituosas" e "Go-No Go". Isso diversifica os estímulos auditivos, tornando a tarefa mais dinâmica e ajudando a manter o foco do participante.

Mostrar Notas/Teclado: Para todas as atividades no piano, é possível ativar a opção de mostrar as notas musicais ou as teclas do teclado. Isso permite que o sistema mostre os códigos globais de notas musicais ou as teclas do teclado (notação **C, D, E, F, G, A, B**), que devem ser seguidas nas atividades de sequência de teclas. Esta opção está presente para todas as atividades no piano, proporcionando um guia visual adicional para os participantes.

2.3.4. Modos de Interação

2.3.4.1. Tocar Livrementemente

Esta atividade permite que os participantes se familiarizem com o piano virtual, utilizando o rato e/ou teclado para tocar livremente, conforme ilustrado na Figura 2. Este modo oferece uma introdução ao piano virtual, preparando os participantes para as tarefas subsequentes.

2.3.4.1. Tocar uma Música Real

Neste exercício, os participantes são orientados a tocar músicas reais (por exemplo, "Parabéns, A Máquina, Hino Nacional Português, *Oh Happy Day*, *We Will Rock You*, etc.") seguindo uma sequência específica de teclas. Esta atividade visa testar a memória sequencial e a capacidade de seguir instruções musicais. As Figura 3 mostram as diferenças de ativar a opção de mostrar notas e mostrar teclado.

Como mostrado na Figura 3, essa tarefa orienta os participantes a seguir uma sequência específica de teclas para tocar músicas reais, como "Parabéns" ou "Hino Nacional Português". Essa atividade avalia a memória sequencial e a capacidade de seguir instruções musicais. A interface permite ativar ou desativar a visualização das notas musicais e do teclado, oferecendo um suporte visual adicional durante a execução.

2.3.4.1. Instruções Conflituosas (FAB)

A tarefa de "Instruções Conflituosas" simula o princípio do subteste de "Instruções Conflituosas" da FAB. Nesta atividade, os participantes devem seguir instruções que envolvem tocar teclas específicas que podem estar em conflito com impulsos naturais. Este exercício avalia a sensibilidade à interferência e o controle inibitório, capacidades fundamentais avaliadas pelo FAB, cuja validação e importância para a população portuguesa são amplamente documentadas (Lima et al., 2008).

Demonstrado na Figura 4, essa atividade simula o subteste "Instruções Conflituosas" da FAB. O participante recebe instruções que podem estar em conflito com impulsos automáticos, como "Toque duas vezes no piano quando ouvir tocar uma vez." Essa tarefa é crucial para avaliar a sensibilidade à interferência e o controle inibitório.

2.3.4.1. Go-No Go (FAB)

O exercício "Go-No Go" simula o subteste "Go-No Go" da FAB. Nesta atividade, os participantes devem responder a estímulos específicos e inibir respostas a outros, ajudando a avaliar a capacidade de controle inibitório e de atenção seletiva dos participantes. Este teste é essencial para avaliar a inibição de respostas automáticas e a capacidade de resistência a interferências, características críticas na avaliação das funções executivas conforme validado pela FAB (Lima et al., 2008).

Conforme ilustrado na Figura 5, essa tarefa simula o subteste "Go-No Go" da FAB, onde os participantes devem responder a estímulos específicos e inibir respostas a outros. Essa tarefa é essencial para avaliar o controle inibitório e a atenção seletiva.

2.3.4.1. Teste de Stroop no Piano

Este teste foi adaptado para o piano, onde ao tocar uma tecla (preta ou branca), a ação deve ser invertida. Este exercício avalia a flexibilidade cognitiva e a capacidade de controle inibitório dos participantes.

A Figura 6 ilustra o teste de *Stroop* adaptado para o piano, onde os participantes devem tocar a tecla oposta à cor e som apresentados (por exemplo, tocar uma tecla branca ao ver ou ouvir uma tecla preta). Essa atividade é projetada para avaliar a flexibilidade cognitiva e a capacidade de resistir à interferência cognitiva.

2.4. Procedimentos

Os dados foram recolhidos e analisados respeitando os padrões éticos para pesquisas envolvendo seres humanos, seguindo um procedimento estruturado aprovado pela Comissão de Ética e Deontologia para a Investigação Científica (CEDIC) da Universidade Lusófona.

O procedimento iniciou-se com a obtenção do consentimento informado, onde os participantes leram e concordaram com os termos do estudo.

Após a concordância, os participantes preencheram um questionário de Dados Demográficos. Em seguida, foram administrados os testes tradicionais de caneta e papel, começando pelo MoCA, seguido pela FAB.

Posteriormente, os participantes realizaram as provas digitais através da plataforma SLB. A aplicação digital iniciou-se com a configuração de um cenário com um relógio digital, onde foi solicitado ao participante ajustar o horário para as 8:20.

A seguir, os participantes utilizaram o piano em modo livre, para familiarizarem-se com o funcionamento da aplicação. Após esse período de familiarização, foram aplicadas as seguintes tarefas, seguindo os parâmetros de 10 ensaios e intervalos de tempo de quatro segundos:

Instruções Conflituosas (FAB): Os participantes seguiram orientações que envolviam tocar um número específico de vezes conforme instruído. Esta atividade foi projetada para avaliar a sensibilidade à interferência e o controle inibitório dos participantes.

Go-No Go (FAB): Nesta tarefa, os participantes responderam a estímulos específicos e inibiram respostas a outros, avaliando a capacidade de controle inibitório e de atenção seletiva.

Controlo Cognitivo: O teste de *Stroop* adaptado para o piano, onde os participantes tocavam teclas com ações invertidas, avaliando a flexibilidade cognitiva e o controle inibitório.

Após a realização das provas digitais, os participantes responderam ao Questionário de *Cyber Sickness*, seguido pelo Questionário de Usabilidade, e, por último, preencheram o Questionário de BDI.

Todos os procedimentos foram realizados em conformidade com as diretrizes éticas e práticas recomendadas, assegurando a integridade e o bem-estar dos participantes durante todo o processo de avaliação.

2.5. Análise Estatística

A análise estatística utilizou o *software* JASP versão 0.18.3. Foram empregadas medidas de tendência central e de dispersão adequadas para cada tipo de variável (nominal, ordinal e intervalar), seguindo as orientações de (Martins, 2011). A análise consistiu na realização de testes de correlação e testes comparativos, descritos a seguir.

Para avaliar as relações entre as variáveis dos subtestes da FAB e as atividades correspondentes na plataforma de realidade virtual, foram utilizados coeficientes de correlação de *Spearman*. As correlações significativas encontradas serão apresentadas na seção de resultados.

Visando comparar o desempenho entre homens e mulheres em várias medidas neuropsicológicas, foram utilizados testes de *Mann-Whitney U*. Este teste não paramétrico foi escolhido devido à sua robustez em relação a distribuições não normais e tamanhos de amostra pequenos.

A análise estatística robusta dos dados permitiu identificar relações significativas entre as variáveis estudadas, fornecendo *insights* valiosos sobre a eficácia da tarefa experimental desenvolvida na plataforma de realidade virtual e sua aplicabilidade na avaliação das funções

executivas. Detalhes adicionais e os resultados específicos das análises serão discutidos na seção de resultados.

PARTE III – RESULTADOS

Os participantes foram submetidos a avaliações cognitivas, tendo-se registado uma média de 26,24 (DP = 2,20) no *Montreal Cognitive Assessment* (MOCA), refletindo um desempenho geralmente bom. Na *Frontal Assessment Battery* (FAB), a média obtida foi de 16,53 (DP = 0,80), resultado entre os valores normativos da prova da FAB. No *Beck Depression Inventory* (BDI), a média foi de 8,24 (DP = 6,53), sugerindo uma maior dispersão nos sintomas depressivos entre os participantes.

A decisão de recorrer ao coeficiente de correlação de *Spearman* em detrimento do coeficiente de *Pearson* justifica-se pela não conformidade dos dados com o pressuposto de normalidade, conforme evidenciado pelo teste de *Shapiro-Wilk* ($p < 0,001$). Tais dados indicam correlações significativas entre as variáveis dos subtestes da FAB executados no contexto tradicional e os correspondentes numa nova atividade virtual no piano, bem como com o teste de *Stroop* virtual. Esta escolha metodológica, sustentada pela não normalidade dos dados conforme o teste de *Shapiro-Wilk*, é considerada adequada.

Os resultados revelam correlações significativas entre exercício da FAB *Go-No Go* e o número de erros exercício do Piano *Go-No Go* ($\rho = 0.568$, $p = 0.017$), sugerindo uma correlação no desempenho entre os formatos tradicional e digital nas mesmas tarefas. Além disso, o número de erros no exercício do Piano *Go-No Go* e número de erros do exercício de *Stroop* no Piano também apresentaram uma correlação significativa ($\rho = 0.547$, $p = 0.023$), indicando que habilidades ou déficits semelhantes podem influenciar o desempenho nessas duas tarefas digitais Tabela 1.

Uma das variáveis mais relevantes na análise das funções executivas (FEs) é a escolaridade, uma vez que esta está frequentemente associada a diferenças no desempenho cognitivo. No

presente estudo, observou-se que os "Anos de Escolaridade" apresentam correlações com algumas medidas de funções executivas, embora essas correlações não sejam estatisticamente significativas.

Especificamente, a escolaridade mostrou uma correlação positiva com o número de erros no teste de Instruções Conflituosas ($\rho = 0,334$, $p = 0,190$) e uma correlação negativa com os erros no teste *Go-No Go* ($\rho = -0,254$, $p = 0,326$). Esses resultados, apesar de não significativos, sugerem tendências interessantes: indivíduos com mais anos de escolaridade podem tender a cometer menos erros no teste *Go-No Go*, o que indicaria um melhor desempenho em tarefas que exigem controle inibitório. No entanto, a correlação positiva com os erros no teste de Instruções Conflituosas pode refletir uma maior complexidade na tarefa ou uma maior sensibilidade à interferência em indivíduos mais escolarizados. Esta tendência pode ser explicada pela hipótese de que uma maior sofisticação cognitiva pode gerar respostas mais variadas ou complexas a estímulos conflitantes, embora esses achados necessitem de mais investigação para confirmação, Tabela 1.

Por conseguinte, a correlação entre escolaridade e a pontuação no MoCA ($p = 0,460$, $p = 0,063$), embora não significativa, reflete a influência esperada da educação no desempenho cognitivo global. Como o MoCA é uma medida amplamente reconhecida de triagem cognitiva que abrange diversas habilidades executivas e cognitivas gerais, esta associação sugere que a escolaridade pode atenuar os impactos do envelhecimento nas funções cognitivas, um achado consistente com a literatura existente, Tabela 1.

Este método de análise não paramétrico fornece uma medida robusta da associação entre variáveis em condições de não normalidade, permitindo inferências válidas acerca das relações entre os desempenhos nos diferentes testes e modalidades. As correlações encontradas são de particular interesse, pois apontam para uma possível transferência de habilidades ou dificuldades entre tarefas cognitivas similares realizadas em formatos diferentes, contribuindo assim para um

entendimento mais aprofundado dos processos cognitivos envolvidos e da eficácia das adaptações dos testes para plataformas digitais.

Os resultados revelam correlações significativas entre a idade e o número de erros no teste do piano de instruções conflituosas ($\rho = 0.496$, $p = 0.043$), sugerindo que, à medida que a idade aumenta, a quantidade de erros neste teste também tende a aumentar. Além disso, o desempenho no MoCA e o número de erros no teste de piano *Go-No Go* apresentaram uma correlação negativa significativa ($\rho = -0.491$, $p = 0.045$), indicando que um melhor desempenho no MoCA está associado a menos erros no teste de piano *Go-No Go*. Estas correlações sugerem uma relação significativa entre a idade, desempenho cognitivo geral e erros em tarefas específicas, conforme apresentado na Tabela 2.

Os resultados dos testes de *Mann-Whitney U* foram utilizados para comparar o desempenho entre homens e mulheres em várias medidas neuropsicológicas. Os testes revelaram que não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em relação ao desempenho no MoCA ($W = 33.000$, $p = 1.000$), no FAB ($W = 35.000$, $p = 0.868$) e no número de erros no Piano Instruções Conflituosas ($W = 42.000$, $p = 0.199$). Os tamanhos de efeito, calculados pela correlação bisserial de postos, variam de nulo a pequeno-moderado, sugerindo que as diferenças observadas entre os grupos são mínimas. É importante considerar essas limitações ao interpretar os resultados e sugerir estudos futuros com amostras maiores e mais variadas para investigar essas relações de forma mais robusta Tabela 3.

3.1. Usabilidade e Viabilidade da Tarefa

A avaliação realizada através da escala de usabilidade do sistema revelou uma reação moderadamente positiva por parte dos utilizadores, os quais demonstraram uma predisposição

relativa para recorrer ao programa com maior frequência, conforme indicado por uma média de 3,65 com um desvio-padrão de 1,22. Adicionalmente, os dados sugerem que os utilizadores não percebem o programa como excessivamente complexo, apresentando uma média de 1,23 e um desvio-padrão de 0,75, nem evidenciam uma necessidade significativa de suporte técnico, com uma média de 1,12 e um desvio-padrão de 0,24. Foi igualmente reportado que o programa é percebido como fácil de utilizar ($M = 4,94$, $DP = 0,33$) e que os utilizadores se sentem confiantes durante a sua utilização ($M = 4,76$, $DP = 0,44$). O desvio padrão muito baixo ($DP = 0,24$) observado nas variáveis de facilidade de uso e precisar aprender coisas novas, indicam que as respostas dos participantes são muito consistentes.

A análise das variáveis na escala de usabilidade revelou uma assimetria positiva significativa para a maioria delas, sugerindo uma concentração das respostas em torno de valores inferiores na escala. Este padrão foi particularmente notório em itens que avaliam aspectos negativos, tais como a complexidade, para a qual se observou uma assimetria (Sk) de 3,55 com um desvio padrão (DP) de 0,55, e a inconsistência, com uma assimetria (Sk) de 3,14 e um desvio padrão (DP) de 0,55.

3.2. Sintomas de Cyber Sickness

As análises realizadas sobre o questionário de *Cyber Sickness* indicam que a maioria das médias é significativamente baixa, com valores aproximados a um, o que sugere que os participantes, em geral, discordam ou não experienciam intensamente os sintomas enumerados ($M = 1,18$, $DP = 0,33$ para Desconforto Geral; $M = 1,18$, $DP = 0,73$ para Transpiração; $M = 1,47$, $DP = 0,80$ para Dificuldade em se Concentrar). Esta constatação é positiva, visto que sugere que a

atividade virtual não induziu um alto nível de desconforto ou sintomas associados à *Cyber Sickness* na maioria dos participantes.

Os desvios padrões, geralmente baixos, indicam que as respostas dos participantes são consistentes e tendem a agrupar-se em torno das médias. Contudo, verifica-se uma maior variabilidade nas experiências dos participantes com certos sintomas específicos, como Transpiração, Dificuldade em se Concentrar e Dificuldade em focalizar ($M = 1,35$, $DP = 0,79$), cujos desvios padrões são relativamente mais elevados.

Adicionalmente, muitas variáveis demonstram uma assimetria positiva elevada e valores de curtose elevados, indicando uma distribuição altamente inclinada e pontiaguda para os valores mais baixos. Na prática, isto significa que a maioria dos participantes reportou baixos níveis desses sintomas, com apenas alguns a reportar valores mais elevados.

Os valores mínimos registados são consistentemente 1 para todos os sintomas, revelando que o nível mais baixo da escala foi o mais frequentemente escolhido pelos participantes. Os valores máximos, embora variem, são geralmente baixos (não excedendo 4 numa escala de 5), o que confirma que sintomas graves foram raramente relatados.

Os resultados obtidos sugerem que a nova atividade virtual tem um baixo impacto em termos de indução de *Cyber Sickness* na maioria dos participantes. Este achado é um indicativo de que a interface e a experiência do utilizador estão adequadamente ajustadas para minimizar o desconforto, o que é essencial para a aceitação e eficácia da tecnologia.

Discussão

O principal objetivo deste estudo foi o desenvolvimento e a validação de uma tarefa funcional baseada na realidade virtual, especificamente o módulo do Piano para a avaliação das FE's na SLB. A tarefa foi concebida para simular atividades cotidianas de maneira controlada e envolvente, com o intuito de proporcionar uma avaliação mais precisa e ecologicamente válida das FEs. Este estudo piloto visou testar a viabilidade, a usabilidade e a eficácia desta aplicação em uma população adulta.

Os resultados indicaram que a tarefa do Piano foi eficaz na avaliação das funções executivas. Houve correlações significativas entre os desempenhos nas tarefas realizadas na plataforma de realidade virtual e nos testes tradicionais como o MoCA e a FAB, sugerindo que a tarefa virtual pode replicar eficazmente os contextos avaliados pelos testes convencionais. Para além disso, os baixos níveis de *Cyber Sickness* relatados pelos participantes sugerem que a aplicação foi bem tolerada e reforçam a viabilidade desta tecnologia para aplicações clínicas. Estes resultados estão alinhados com o objetivo de testar a viabilidade e a usabilidade da aplicação, indicando que a tarefa do Piano pode ser uma ferramenta útil para a avaliação neuropsicológica.

Os achados deste estudo estão em concordância com a literatura existente, que demonstra a eficácia da realidade virtual na avaliação e intervenção neuropsicológica. Estudos como os de (Diemer et al., 2015; Gamito et al., 2016, 2020) destacam que a realidade virtual pode aumentar a validade ecológica dos testes neuropsicológicos ao simular tarefas do cotidiano de maneira controlada e envolvente. Por exemplo, Gamito et al. (2020) verificaram que a RV permitiu uma avaliação mais precisa das funções executivas em idosos, ao simular tarefas do dia a dia de forma controlada e envolvente. De maneira similar, o presente estudo encontrou correlações significativas

entre as tarefas virtuais e os testes tradicionais, sugerindo que a RV pode replicar eficazmente os contextos reais e oferecer uma avaliação precisa das FEs.

No entanto, além das semelhanças com as abordagens tradicionais, este estudo destaca um aspecto inovador: o uso do módulo do Piano para avaliar funções executivas. A tarefa, concebida dentro da SLB, se diferencia por incorporar uma interface interativa que simula atividades do cotidiano de maneira mais imersiva e engajante. Embora a RV compartilhe objetivos com métodos tradicionais como o TMT e o WCST, a tarefa do Piano avança ao proporcionar uma experiência mais envolvente que pode capturar melhor as nuances do controle inibitório e da flexibilidade cognitiva.

Diemer et al. (2015) ressaltam que a RV pode ser utilizada de forma eficaz para o treino de habilidades cognitivas em ambientes seguros e controlados, o que corrobora os achados deste estudo, onde a tarefa do Piano se mostrou eficaz na avaliação das FEs sem causar desconforto significativo aos participantes. No entanto, é fundamental ponderar as limitações ao comparar diretamente os resultados deste estudo com a literatura anterior. Embora os resultados estejam alinhados com achados prévios, as especificidades metodológicas, como o uso do piano virtual, sugerem cautela. A tarefa do Piano, por exemplo, oferece uma simulação que, ao mesmo tempo em que amplia a validade ecológica, pode dificultar comparações diretas com testes tradicionais devido à sua natureza interativa e adaptativa.

Para mais, o presente estudo aborda uma lacuna importante na avaliação neuropsicológica: a integração de métodos que oferecem não apenas uma avaliação precisa, mas também uma experiência mais rica para os participantes. Esta inovação é crucial, pois a tarefa do Piano, além de medir as funções executivas, também avalia como os indivíduos lidam com cenários de tomada de decisão e resolução de problemas em contextos mais próximos da vida real. Assim, a tarefa não

apenas complementa os métodos existentes, mas também oferece novos *insights* sobre como as funções executivas podem ser avaliadas em contextos dinâmicos e envolventes.

A continuidade das pesquisas nessa área será essencial para validar as descobertas e ampliar as aplicações clínicas da realidade virtual na neuropsicologia. A singularidade da tarefa do Piano oferece novas perspectivas, mas exige uma análise criteriosa para garantir que suas vantagens sejam plenamente compreendidas e aplicadas de forma eficaz em contextos clínicos diversos.

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, o tamanho da amostra foi relativamente pequeno, o que pode limitar a generalização dos resultados. Estudos com amostras maiores seriam necessários para confirmar os achados e aumentar a robustez das conclusões. Além disso, a ausência de um grupo de controle impediu uma comparação mais robusta entre diferentes métodos de avaliação. A familiaridade dos participantes com tecnologias digitais também pode ter influenciado os resultados, beneficiando aqueles mais habituados a utilizar computadores. Esta limitação sugere a necessidade de futuros estudos controlarem a variável de familiaridade tecnológica para evitar vieses.

Outro ponto a ser considerado é a variabilidade individual na suscetibilidade ao *Cyber Sickness*, que embora tenha sido baixa neste estudo, pode variar significativamente entre diferentes populações e configurações de RV. Logo, a avaliação do desempenho dos participantes foi baseada principalmente em medidas de erro e acertos, sem considerar outros aspectos como o tempo de resposta e a eficiência das estratégias utilizadas, o que poderia fornecer uma visão mais detalhada das habilidades executivas avaliadas.

Para futuros estudos, recomenda-se a inclusão de amostras maiores e mais diversificadas, bem como a implementação de grupos de controle para fortalecer a validade dos achados. Estudos longitudinais seriam benéficos para investigar os efeitos de longo prazo do uso da realidade virtual

na avaliação cognitiva. A integração de outras modalidades sensoriais, como *feedback* tátil, poderia enriquecer ainda mais a experiência de realidade virtual, proporcionando uma avaliação mais holística das FEs.

Ademais, futuras pesquisas poderiam explorar a aplicação de métricas adicionais, como o tempo de resposta e a eficiência das estratégias utilizadas, para complementar as avaliações atuais e fornecer uma visão mais abrangente das habilidades executivas dos participantes. Esta métrica adicional pode fornecer dados mais detalhados sobre a velocidade de processamento e o controle inibitório dos participantes, complementando as avaliações atuais e potencialmente aumentando a precisão dos diagnósticos (Parsons, 2015).

Investigar a eficácia da tarefa experimental em diferentes populações clínicas, como indivíduos com transtornos neuropsiquiátricos ou deficiências cognitivas, também seria uma área promissora para expandir o conhecimento sobre a aplicabilidade da tecnologia.

Este estudo tem importantes implicações para a neuropsicologia, sugerindo que a realidade virtual pode ser uma ferramenta poderosa para a avaliação e treino das funções executivas. A tarefa do Piano desenvolvida no âmbito da SLB demonstrou ser uma plataforma eficaz e precisa, proporcionando uma alternativa moderna aos métodos tradicionais. A incorporação de tecnologias digitais na prática neuropsicológica pode não apenas melhorar a precisão das avaliações, mas também tornar os processos de avaliação mais envolventes e acessíveis para os pacientes, especialmente aqueles que podem se beneficiar de uma abordagem mais interativa e menos estressante.

A utilização da RV pode facilitar a avaliação de funções executivas em contextos mais próximos da realidade cotidiana dos pacientes, aumentando assim a validade ecológica dos testes neuropsicológicos. Também, a RV pode oferecer uma plataforma flexível e adaptável para o

desenvolvimento de intervenções personalizadas, permitindo que os neuropsicólogos ajustem os programas de reabilitação de acordo com as necessidades específicas de cada paciente.

Em conclusão, o estudo piloto demonstrou que a tarefa do Piano integrada na SLB é uma ferramenta viável e eficaz para a avaliação das funções executivas. Os resultados corroboram a literatura existente e destacam o potencial da realidade virtual na neuropsicologia. Embora existam limitações, as implicações deste estudo sugerem que as tecnologias digitais continuarão a desempenhar um papel crescente na avaliação e intervenção neuropsicológica, proporcionando novos caminhos para a investigação e prática clínica.

A adoção de tecnologias como a RV pode revolucionar a forma como as avaliações neuropsicológicas são conduzidas, oferecendo uma abordagem mais precisa, envolvente e acessível para pacientes e profissionais. Este estudo contribui para a crescente evidência de que a RV pode ser uma ferramenta valiosa na neuropsicologia, com o potencial de melhorar significativamente os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes.

Conclusão

Este estudo desenvolveu e validou uma tarefa funcional baseada na realidade virtual, especificamente o módulo do Piano para a avaliação das funções executivas na SLB. Os resultados demonstraram a eficácia desta tarefa, com correlações significativas com os testes tradicionais como o MOCA e a FAB, e boa aceitação pelos participantes, que relataram baixos níveis de *Cyber Sickness*.

Os achados estão em linha com a literatura existente, que já destaca o potencial da realidade virtual na avaliação neuropsicológica. Este estudo acrescenta evidências de que a tarefa do Piano na SLB pode oferecer uma avaliação precisa e uma experiência mais envolvente, confirmando sua viabilidade como ferramenta neuropsicológica.

O uso de tecnologias digitais como a realidade virtual na avaliação das funções executivas representa um avanço significativo, proporcionando avaliações mais precisas e ecologicamente válidas. A tarefa do Piano, desenvolvida no âmbito da SLB, demonstrou ser uma alternativa moderna e eficaz aos métodos tradicionais, destacando-se como uma abordagem inovadora na avaliação neuropsicológica.

Em suma, o estudo piloto estabeleceu que a tarefa do Piano é uma ferramenta viável e eficaz para a avaliação das funções executivas, abrindo caminho para futuras investigações e aplicações clínicas mais amplas da realidade virtual na neuropsicologia.

Referências

- Abril, T. M. da C. S. (2020). *Systemic Lisbon battery: Definição de problema, requisitos e solução* [Dissertação de mestrado, Iscte - Instituto Universitário de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10071/22115>
- Bohil, C. J., Alicea, B., & Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(12), 752–762. <https://doi.org/10.1038/nrn3122>
- Borgnis, F., Baglio, F., Pedroli, E., Rossetto, F., Uccellatore, L., Oliveira, J. A. G., Riva, G., & Cipresso, P. (2022). Available Virtual Reality-Based Tools for Executive Functions: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 13, 833136. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.833136>
- Brooke, J. (1996). *SUS -- a quick and dirty usability scale* (pp. 189–194).
- Buele, J., & Palacios-Navarro, G. (2023). Cognitive-motor interventions based on virtual reality and instrumental activities of daily living (iADL): An overview. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 15, 1191729. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1191729>
- Chan, R., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.08.010>
- Chaytor, N., & Schmitter-Edgecombe, M. (2003). The Ecological Validity of Neuropsychological Tests: A Review of the Literature on Everyday Cognitive Skills. *Neuropsychology Review*, 13(4), 181–197. <https://doi.org/10.1023/B:NERV.0000009483.91468.fb>
- Chicchi Giglioli, I. A., De Juan Ripoll, C., Parra, E., & Alcañiz Raya, M. (2021). Are 3D virtual environments better than 2D interfaces in serious games performance? An explorative study

- for the assessment of executive functions. *Applied Neuropsychology: Adult*, 28(2), 148–157. <https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1607735>
- Diemer, J., Alpers, G. W., Peperkorn, H. M., Shibani, Y., & Mählberger, A. (2015). The impact of perception and presence on emotional reactions: A review of research in virtual reality. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00026>
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB: A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55(11), 1621–1626. <https://doi.org/10.1212/WNL.55.11.1621>
- Gamito, P., Oliveira, J., Alves, C., Santos, N., Coelho, C., & Brito, R. (2020). Virtual Reality-Based Cognitive Stimulation to Improve Cognitive Functioning in Community Elderly: A Controlled Study. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 23(3), 150–156. <https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0271>
- Gamito, P., Oliveira, J., Brito, R., Lopes, P., Rodelo, L., Pinto, L., & Morais, D. (2016). Evaluation of Cognitive Functions through the Systemic Lisbon Battery: Normative Data. *Methods of Information in Medicine*, 55(01), 93–97. <https://doi.org/10.3414/ME14-02-0021>
- García-Betances, R. I., Jiménez-Mixco, V., Arredondo, M. T., & Cabrera-Umpiérrez, M. F. (2015). Using Virtual Reality for Cognitive Training of the Elderly. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 30(1), 49–54. <https://doi.org/10.1177/1533317514545866>
- Hall, P. A. (2020). Executive Function. In M. D. Gellman (Ed.), *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (pp. 805–807). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39903-0_1126
- Jung, M., Apostolova, L. G., Moser, D. K., Grady-Pizlo, I., Gao, S., Rogers, J. L., & Pressler, S. J. (2022). Virtual reality cognitive intervention for heart failure: CORE study protocol.

- Alzheimer's & Dementia* (New York, N. Y.), 8(1), e12230.
<https://doi.org/10.1002/trc2.12230>
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The Elusive Nature of Executive Functions: A Review of our Current Understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213–233.
<https://doi.org/10.1007/s11065-007-9040-z>
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220.
https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3
- Kim, O., Pang, Y., & Kim, J.-H. (2019). The effectiveness of virtual reality for people with mild cognitive impairment or dementia: A meta-analysis. *BMC Psychiatry*, 19(1), 219.
<https://doi.org/10.1186/s12888-019-2180-x>
- Lange, B., Koenig, S., Chang, C.-Y., McConnell, E., Suma, E., Bolas, M., & Rizzo, A. (2012). Designing informed game-based rehabilitation tasks leveraging advances in virtual reality. *Disability and Rehabilitation*, 34(22), 1863–1870.
<https://doi.org/10.3109/09638288.2012.670029>
- Langenbahn, D. M., Rath, J. F., & Diller, L. (2019). Historical Development of Neuropsychological Rehabilitation. Em W. B. Barr & L. A. Bieliauskas (Eds.), *The Oxford Handbook of the History of Clinical Neuropsychology* (1.^a ed., pp. 959–979). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199765683.013.22>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment*, 5th ed. (pp. xxv, 1161). Oxford University Press.

- Lima, C. F., Meireles, L. P., Fonseca, R., Castro, S. L., & Garrett, C. (2008). The Frontal Assessment Battery (FAB) in Parkinson's disease and correlations with formal measures of executive functioning. *Journal of Neurology*, 255(11), 1756–1761. <https://doi.org/10.1007/s00415-008-0024-6>
- Lopes, P., Gamito, P., Oliveira, J., Coelho, C., Alves, C., Santos, N., Sousa, T., Morais, D., & Brito, R. (2016). Computer-assisted assessment of cognitive functioning in the elderly through the systemic Lisbon battery. *Proceedings of the 4th Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques*, 36–39. <https://doi.org/10.1145/3051488.3051509>
- Makmee, P., & Wongupparaj, P. (2022). Virtual Reality-based Cognitive Intervention for Enhancing Executive Functions in Community-dwelling Older Adults. *Psychosocial Intervention = Intervencion Psicosocial*, 31(3), 133–144. <https://doi.org/10.5093/pi2022a10>
- Maples-Keller, J. L., Bunnell, B. E., Kim, S.-J., & Rothbaum, B. O. (2017). The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders. *Harvard Review of Psychiatry*, 25(3), 103–113. <https://doi.org/10.1097/HRP.0000000000000138>
- Martins, C. (2011). *Manual de análise de dados quantitativos com recurso ao IBM SPSS: saber decidir, fazer, interpretar e redigir*. Psiquilíbrios.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Moulaei, K., Sharifi, H., Bahaadinbeigy, K., & Dinari, F. (2024). Efficacy of virtual reality-based training programs and games on the improvement of cognitive disorders in patients: A

- systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*, 24(1), 116.
<https://doi.org/10.1186/s12888-024-05563-z>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Parsons, T. D. (2015). Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity and Experimental Control in the Clinical, Affective and Social Neurosciences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00660>
- Parsons, T. D., Carlew, A. R., Magtoto, J., & Stonecipher, K. (2017). The potential of function-led virtual environments for ecologically valid measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 27(5), 777–807. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1109524>
- Pieri, L., Tosi, G., & Romano, D. (2023). Virtual reality technology in neuropsychological testing: A systematic review. *Journal of Neuropsychology*, 17(2), 382–399. <https://doi.org/10.1111/jnp.12304>
- Proffitt, R., & Lange, B. (2015). Considerations in the Efficacy and Effectiveness of Virtual Reality Interventions for Stroke Rehabilitation: Moving the Field Forward. *Physical Therapy*, 95(3), 441–448. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130571>
- Riva, G., Baños, R. M., Botella, C., Mantovani, F., & Gaggioli, A. (2016). Transforming Experience: The Potential of Augmented Reality and Virtual Reality for Enhancing Personal and Clinical Change. *Frontiers in Psychiatry*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00164>

- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14(1–2), 207–239. <https://doi.org/10.1080/09602010343000183>
- So, B. P.-H., Lai, D. K.-H., Cheung, D. S.-K., Lam, W.-K., Cheung, J. C.-W., & Wong, D. W.-C. (2022). Virtual Reality-Based Immersive Rehabilitation for Cognitive- and Behavioral-Impairment-Related Eating Disorders: A VREHAB Framework Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 5821. <https://doi.org/10.3390/ijerph19105821>
- Spooner, D., & Pachana, N. (2006). Ecological validity in neuropsychological assessment: A case for greater consideration in research with neurologically intact populations. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(4), 327–337. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2006.04.004>
- Tacchino, A., Podda, J., Bergamaschi, V., Pedullà, L., & Bricchetto, G. (2023). Cognitive rehabilitation in multiple sclerosis: Three digital ingredients to address current and future priorities. *Frontiers in Human Neuroscience*, 17, 1130231. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1130231>
- Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D, VR & AR Engine. (2024, junho 17). <https://unity.com/>
- Upton, J. (2013). Beck Depression Inventory (BDI). Em M. D. Gellman & J. R. Turner (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (pp. 178–179). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1005-9_441
- Ventura, S., Brivio, E., Riva, G., & Baños, R. M. (2019). Immersive Versus Non-immersive Experience: Exploring the Feasibility of Memory Assessment Through 360° Technology. *Frontiers in Psychology*, 10, 2509. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02509>

Zink, N., Lenartowicz, A., & Markett, S. (2021). A new era for executive function research: On the transition from centralized to distributed executive functioning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 124, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.02.011>

Apêndices

Tabela 1

Correlação FAB com Piano

Spearman's Correlations

Variable		FAB_IC_E	FAB_GNG_EP_IC_Erros	P_GNG_Erros	P_Stroop_Erros	
1. FAB_IC_E	Spearman's rho	—				
	p-value	—				
2. FAB_GNG_E	Spearman's rho	0.595 *	—			
	p-value	0.012	—			
3. P_IC_Erros	Spearman's rho	-0.212	-0.212	—		
	p-value	0.414	0.414	—		
4. P_GNG_Erros	Spearman's rho	0.595 *	0.568 *	0.007	—	
	p-value	0.012	0.017	0.977	—	
5. P_Stroop_Erros	Spearman's rho	-0.168	-0.168	0.276	0.547 *	—
	p-value	0.519	0.519	0.283	0.023	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

FAB_IC_E: FAB Subteste Instruções Conflituosas Número de Erros

FAB_GNG_E: FAB Subteste Go-No Go Número de Erros

P_IC_Erros : Piano Subteste Instruções Conflituosas Número de Erros

P_GNG_Erros: Piano Subteste Go-No Go Número de Erros

P_Stroop_Erros: Piano Subteste Stroop Número de Erros

Tabela 2

Correlação Idade, Desempenho Cognitivo e Erros

Spearman's Correlations

Variable		P_IC_Erros	P_GNG_Erros	P_Stroop_Erros	Idade	Anos_de_escolaridade	MOCA	FAB	BDI
1. P_IC_Erros	Spearman's rho	—							
	p-value	—							
2. P_GNG_Erros	Spearman's rho	0.007	—						
	p-value	0.977	—						
3. P_Stroop_Erros	Spearman's rho	0.276	0.547 *	—					
	p-value	0.283	0.023	—					
4. Idade	Spearman's rho	0.496 *	0.228	-0.004	—				
	p-value	0.043	0.379	0.987	—				
5. Anos_de_escolaridade	Spearman's rho	0.334	-0.254	-0.009	0.563 *	—			
	p-value	0.190	0.326	0.973	0.019	—			
6. MOCA	Spearman's rho	-9.447×10 ⁻⁴	-0.491 *	-0.114	-0.177	0.460	—		
	p-value	0.997	0.045	0.662	0.498	0.063	—		

Spearman's Correlations

Variable		P_IC_Erros	P_GNG_Erros	P_Stroop_Erros	Idade	Anos_de_escolaridade	MOCA	FAB	BDI
7. FAB	Spearman's rho	0.261	-0.239	0.245	0.271	0.481	0.528 *	—	
	p-value	0.311	0.356	0.342	0.292	0.051	0.029	—	
8. BDI	Spearman's rho	0.153	0.396	-0.128	-0.010	-0.530 *	-0.532 *	-0.434	—
	p-value	0.558	0.115	0.625	0.970	0.029	0.028	0.082	—

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

FAB_IC_E: FAB Subteste Instruções Conflituosas Número de Erros

FAB_GNG_E: FAB Subteste Go-No Go Número de Erros

P_IC_Erros : Piano Subteste Instruções Conflituosas Número de Erros

P_GNG_Erros: Piano Subteste Go-No Go Número de Erros

P_Stroop_Erros: Piano Subteste Stroop Número de Erros

Tabela 3

Comparação entre homens e mulheres usando o teste Mann-Whitney U

Independent Samples T-Test -Mann-Whitney

	U	p	Rank-Biserial Correlation	SE Rank-Biserial Correlation
MOCA	33.000	1.000	0.000	0.293
FAB	35.000	0.868	0.061	0.293
FAB_IC_E	NaN ^a			
FAB_GNG_E	NaN ^b			
P_IC_Erros	42.000	0.199	0.273	0.293
P_GNG_Erros	NaN ^c			
P_Stroop_Erros	NaN ^d			

Note. For the Mann-Whitney test, effect size is given by the rank biserial correlation.

Note. Mann-Whitney U test.

^a The variance in FAB_IC_E is equal to 0 after grouping on Sexo

^b The variance in FAB_GNG_E is equal to 0 after grouping on Sexo

^c The variance in P_GNG_Erros is equal to 0 after grouping on Sexo

^d The variance in P_Stroop_Erros is equal to 0 after grouping on Sexo

FAB_IC_E: FAB Subteste Instruções Conflituosas Número de Erros

FAB_GNG_E: FAB Subteste Go-No Go Número de Erros

P_IC_Erros : Piano Subteste Instruções Conflituosas Número de Erros

P_GNG_Erros: Piano Subteste Go-No Go Número de Erros

P_Stroop_Erros: Piano Subteste Stroop Número de Erros

Imagens Ilustrativas

As atividades descritas são ilustradas pelas seguintes figuras, que fornecem uma visão clara das interfaces e interações disponíveis no módulo do Piano:

Figura 1: Tela com os parâmetros configuráveis da atividade do Piano, permitindo ajustes de tempo de espera, número de ensaios, seleção de música e alternância de sons, mostrando a diferença da ativação da função música.

Figura 2: Interface de toque livre no piano, onde os participantes utilizam o rato ou teclado para tocar as teclas virtuais e mostrando a diferença entre a ativação das opções "Mostrar Notas" e "Mostrar Teclado".

Figura 3: Sequência de teclas para tocar uma música específica, destacando as teclas a serem pressionadas em ordem e mostrando a diferença entre a ativação das opções "Mostrar Notas" e "Mostrar Teclado".

Figura 4: Exercício de Instruções Conflituosas, mostrando as instruções na tela e a resposta do participante, juntamente com a instrução inicial e os botões de testar percepção, iniciar e continuar.

Figura 5: Atividade *Go-No Go*, com estímulos visuais e teclas correspondentes, juntamente com a instrução inicial e os botões de testar percepção, iniciar e continuar.

Figura 6: Teste de *Stroop* adaptado para o piano, exibindo a inversão de ações ao tocar teclas, juntamente com a instrução inicial e o botão de testar iniciar.

Figura 1

Parâmetros Configuráveis Piano

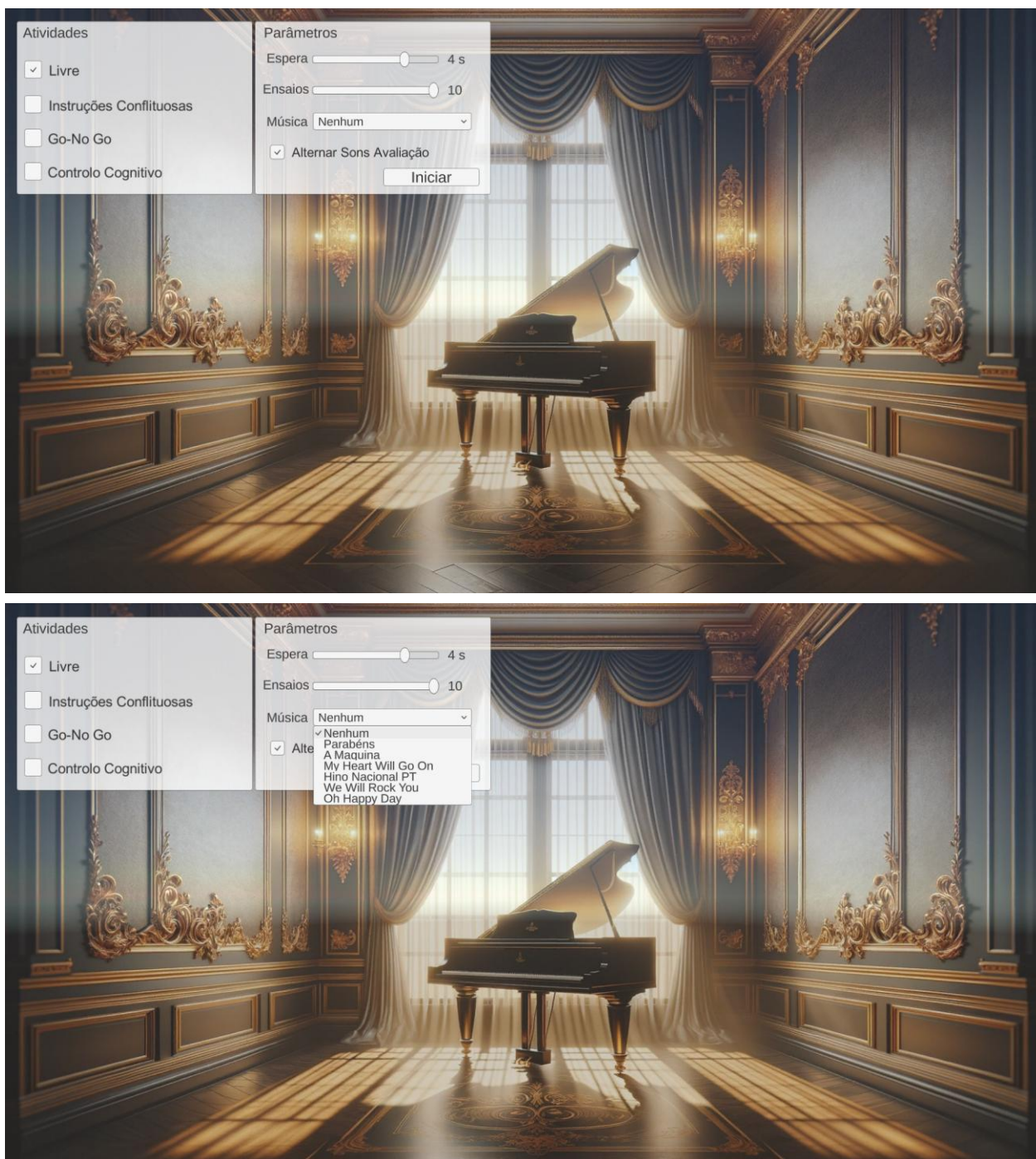
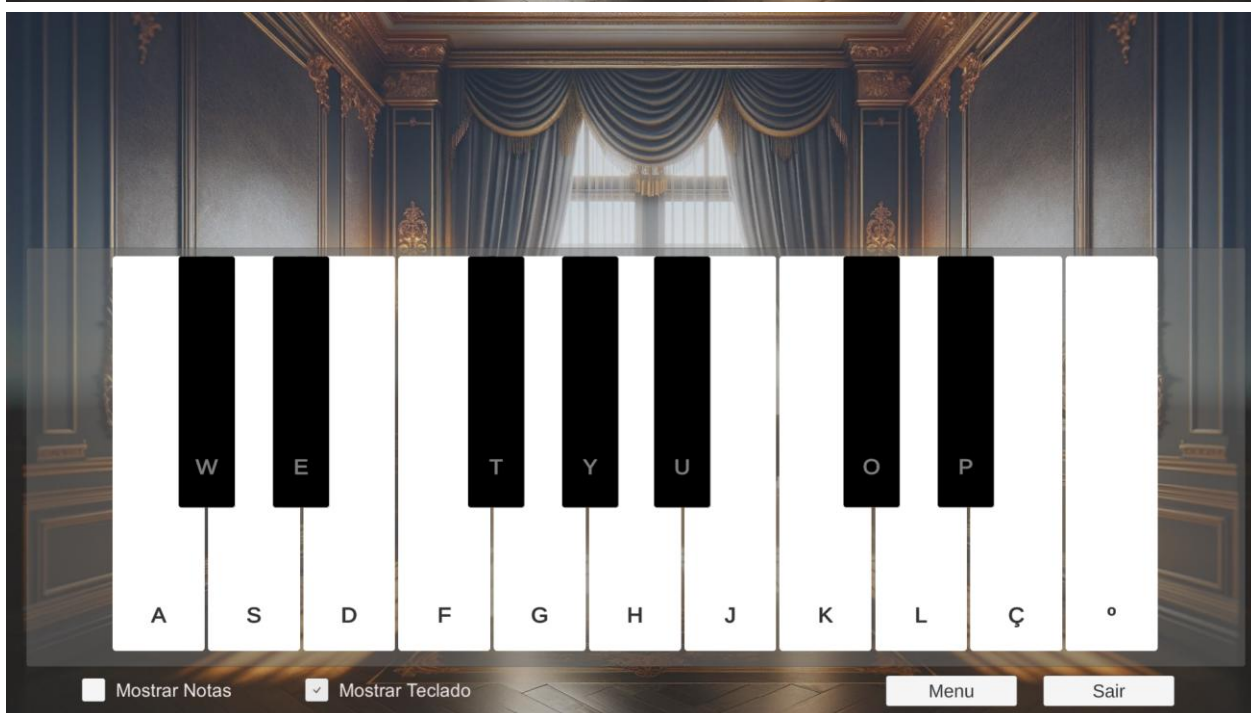
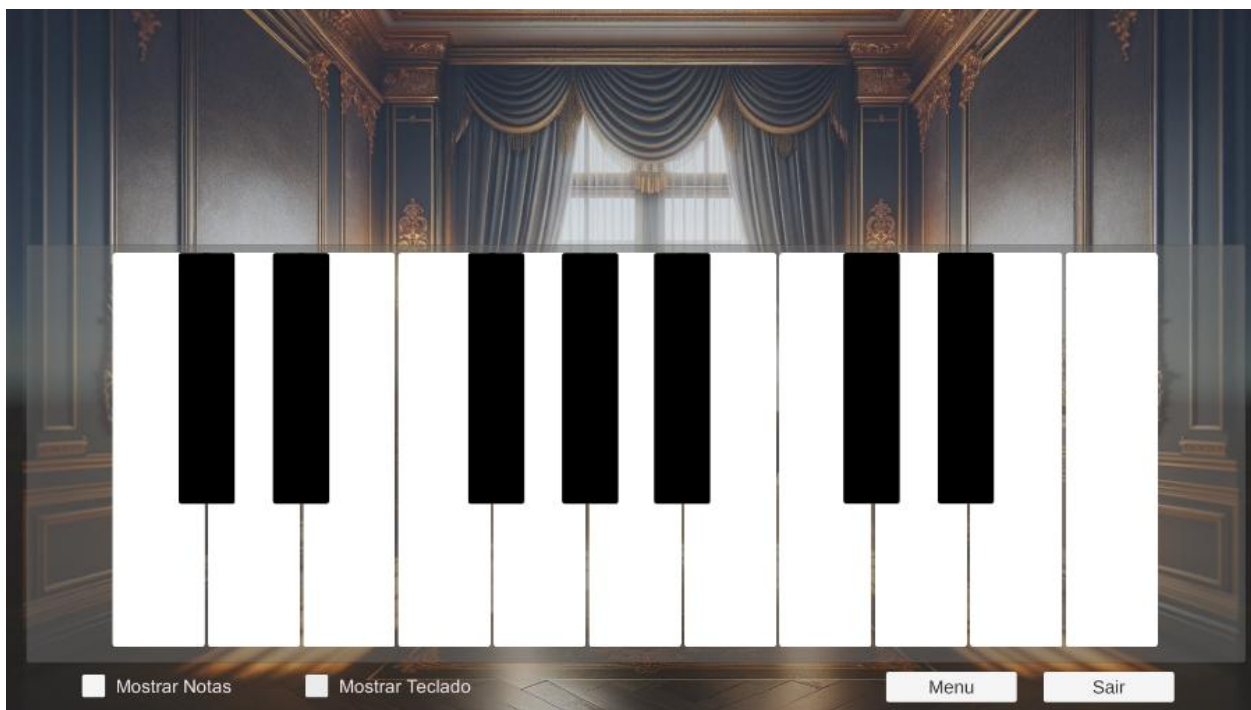


Figura 2

Interface de Toque Livre



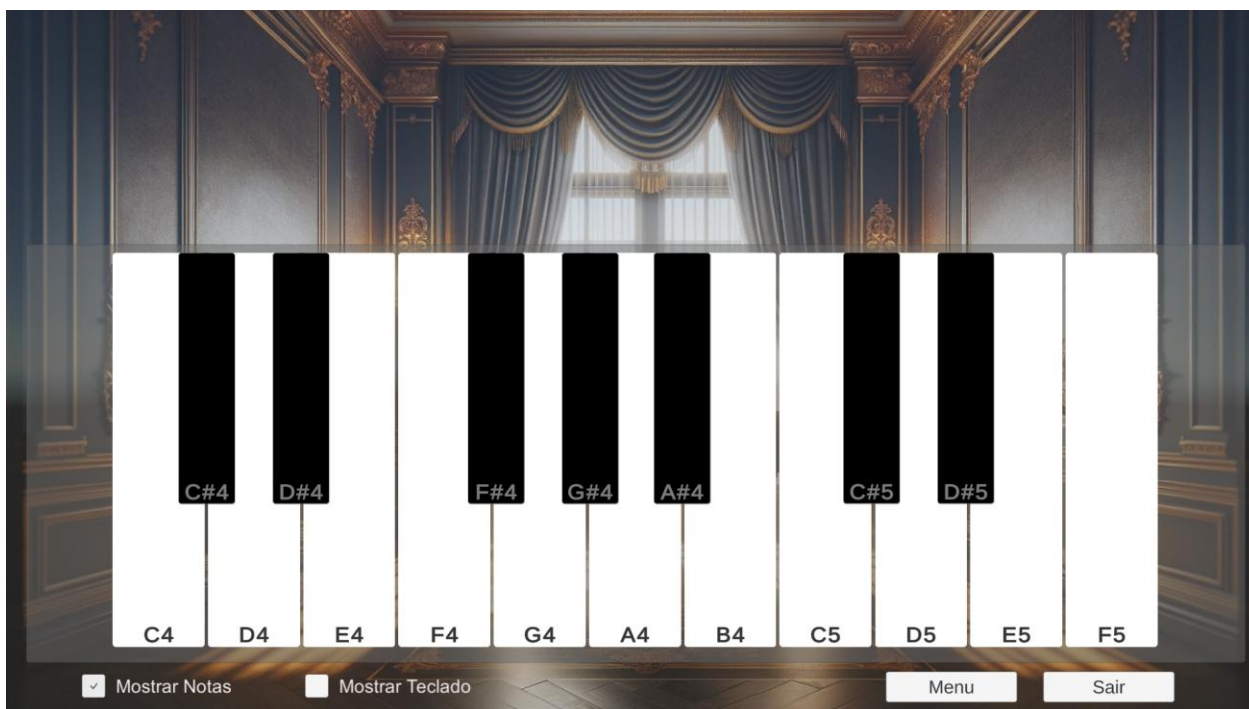
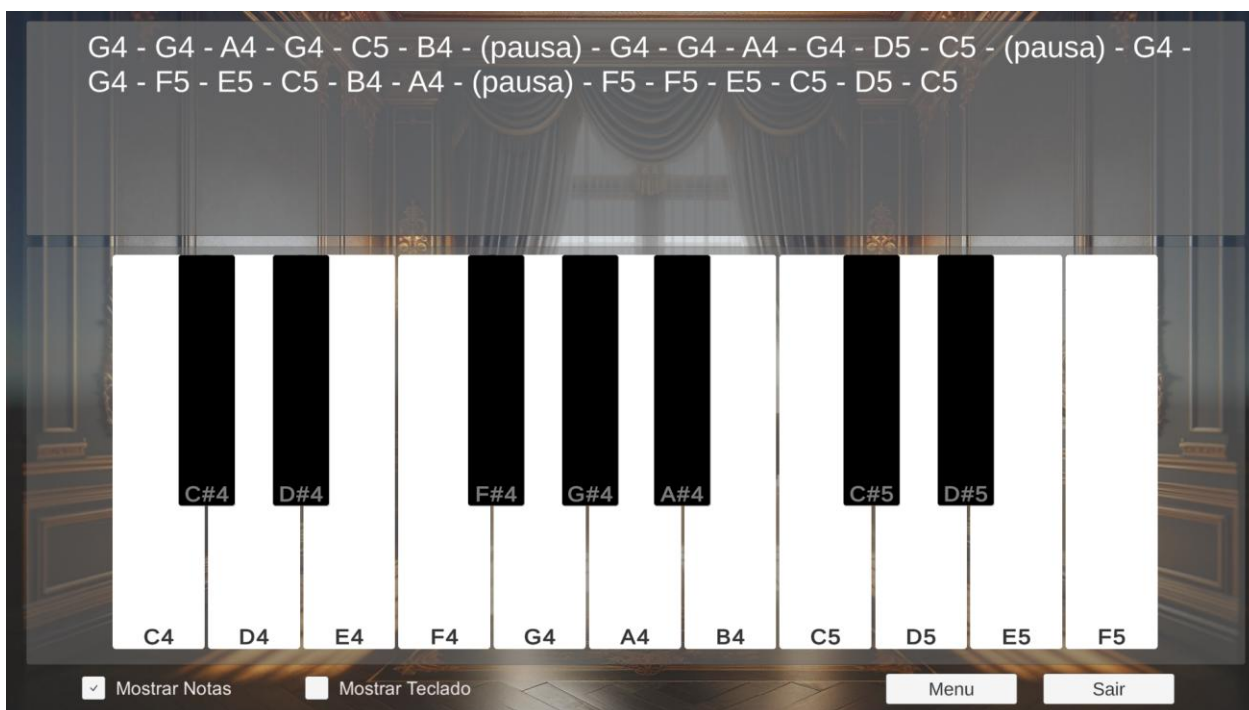
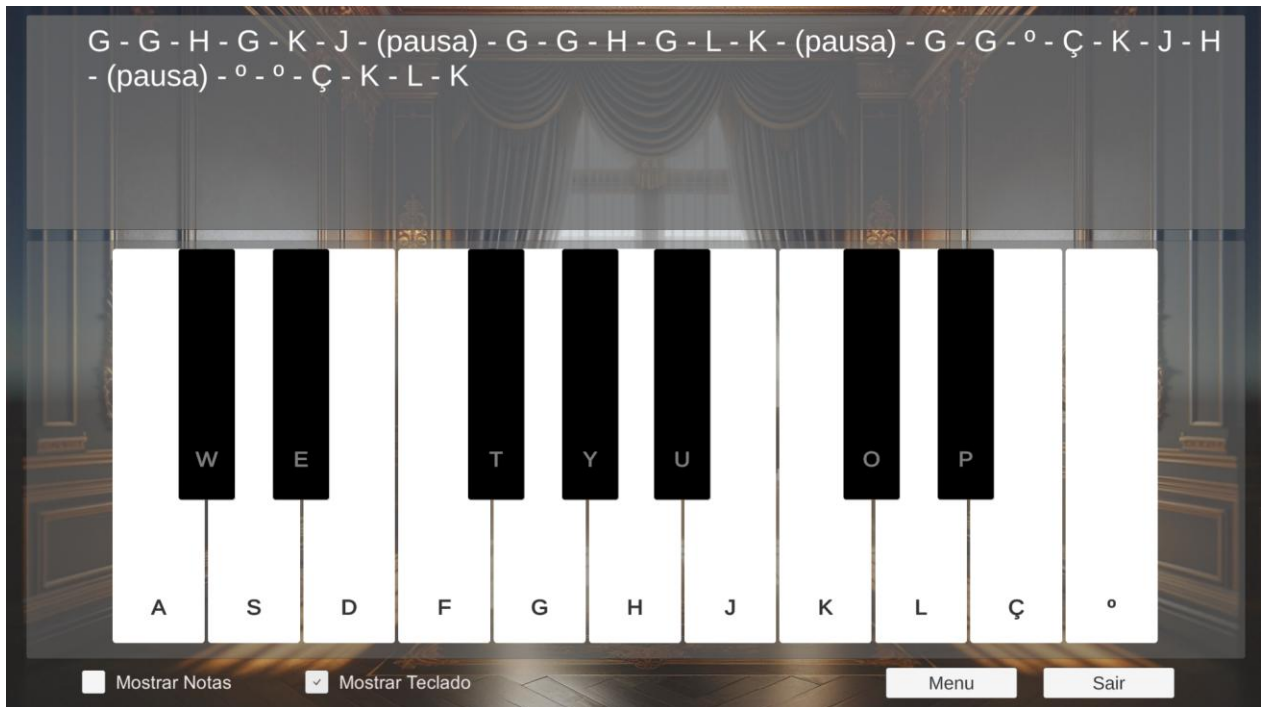


Figura 3

Sequência de Teclas



**Figura 4**

Exercício de Instruções Conflituosas

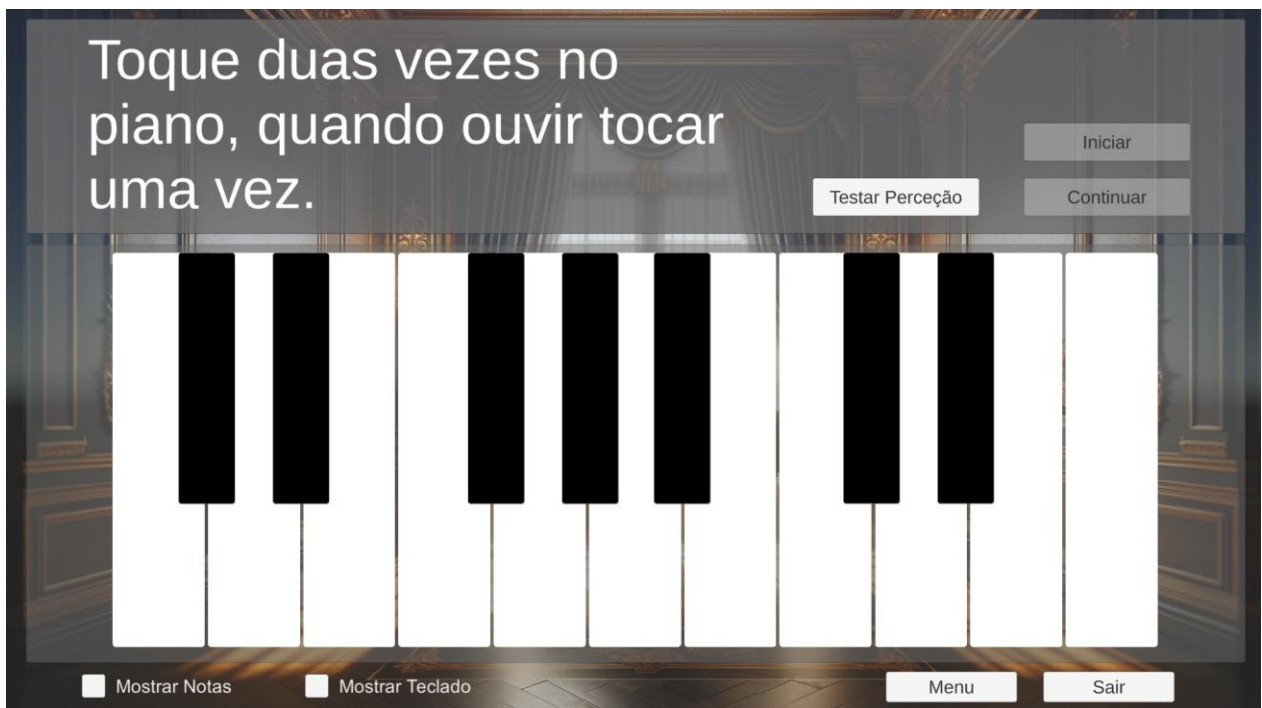
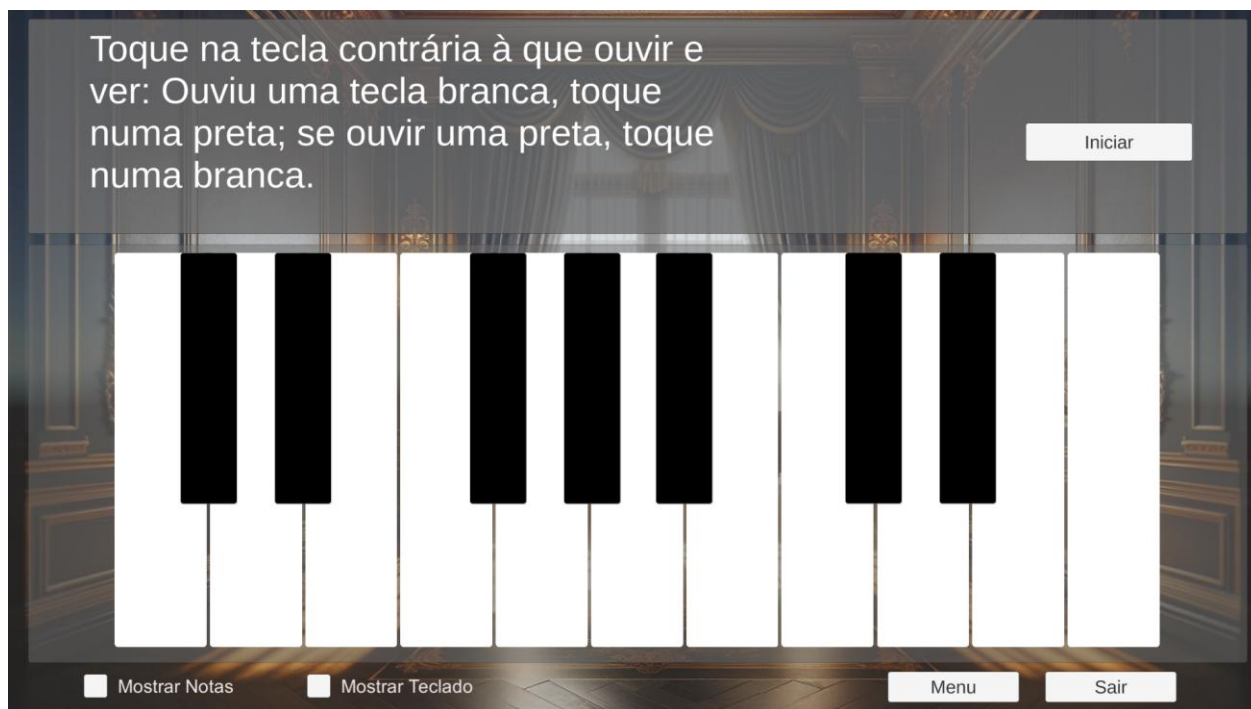


Figura 5

Exercício Go-No Go

**Figura 6**

Exercício Controlo Cognitivo (Stroop)



Anexos

EUS

Escala de Usabilidade

Este questionário foi adaptado para avaliar a usabilidade de um *programa*. Não existem respostas certas ou erradas.

	Discordo integralmente				Concordo integralmente
1. Eu gostava de utilizar este <i>programa</i> com mais frequência.					
	1	2	3	4	5
2. Eu achei o <i>programa</i> desnecessariamente complexo.					
	1	2	3	4	5
3. Eu achei o <i>programa</i> fácil de usar.					
	1	2	3	4	5
4. Eu acho que precisava de apoio técnico para conseguir usar este <i>programa</i> .					
	1	2	3	4	5
5. Eu achei que as diversas funções neste <i>programa</i> estavam bem integradas.					
	1	2	3	4	5
6. Eu achei que houve muita inconsistência neste <i>programa</i> .					
	1	2	3	4	5
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse <i>programa</i> rapidamente.					
	1	2	3	4	5
8. Eu achei o <i>programa</i> muito lento para uso.					
	1	2	3	4	5
9. Eu senti-me muito confiante ao usar este <i>programa</i> .					
	1	2	3	4	5
10. Eu precisei de aprender uma série de coisas antes que eu pudesse continuar a utilizar este <i>programa</i> .					
	1	2	3	4	5

QCS



PQ (Witmer & Singer, 1994)

Descreva a sua experiência no ambiente assinalando com uma cruz (X) no número da direita que mais se adequa numa escala de 7 pontos, isto de acordo com o conteúdo da questão e as etiquetas descritivas. Considere a escala completa quando colocar as suas respostas, principalmente os níveis intermédios. Responda às perguntas de forma independente e por ordem. Não salte nenhuma pergunta e não regresse a perguntas anteriores para modificar a sua resposta.

1. Em que medida estava capaz de controlar os acontecimentos?

1	2	3	4	5	6	7
Nada	um pouco				Totalmente	

2. Em que medida o ambiente era reactivo (sensível) as suas acções?

1	2	3	4	5	6	7
Nada reactivo		moderadamente			Totalmente	

3. Em que medida as suas interações com o ambiente lhe pareceram naturais?

1	2	3	4	5	6	7
Extremamente artificiais			a meio caminho		Totalmente	

4. Em que medida os aspectos visuais do ambiente eram convidativos para se implicar nele?

1	2	3	4	5	6	7
Nada	um pouco				Totalmente	

5. Em que medida os mecanismos permitindo o seu movimento no ambiente lhe pareciam naturais?

1	2	3	4	5	6	7
Extremamente artificiais			a meio caminho		Totalmente	

6. Em que medida os seus sentidos estavam enganados pelo realismo do movimento dos objectos pelo espaço?

1	2	3	4	5	6	7
Nada	moderadamente				Totalmente	

7. Em que medida as experiências que viveu no ambiente virtual se parecia com um ambiente real?

1	2	3	4	5	6	7
Nada parecido		moderadamente				Totalmente