

S.P.A.C.E.: System for Purposive Attention and Cognitive Exercise

Gustavo Miller Santos Maria Eduarda Elias Rocha
Emanuel Felipe Duarte

Relatório Técnico - IC-PFG-26-21

Projeto Final de Graduação

2026 - Julho

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.
O conteúdo deste relatório é de única responsabilidade dos autores.

S.P.A.C.E.: System for Purposive Attention and Cognitive Exercise

Gustavo Miller Santos* Maria Eduarda Elias Rocha[†]
Emanuel Felipe Duarte[‡]

Resumo

Jogos sérios têm sido utilizados como mecanismo terapêutico complementar para auxiliar no desenvolvimento de funções executivas em crianças com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Pesquisas recentes avaliam positivamente a eficácia dessa abordagem, mas mencionam a necessidade de estudos voltados a entender e otimizar elementos de *design* de jogos construídos para esse propósito. Este trabalho analisa um conjunto de jogos digitais com evidências favoráveis de efetividade, buscando identificar características de *design* recorrentes. As características encontradas fundamentam o desenvolvimento de um jogo móvel denominado *S.P.A.C.E.*, voltado para crianças com TDAH, implementado na linguagem *Dart* e *framework Flutter*. O jogo combina três minijogos voltados, respectivamente, ao treinamento de memória de trabalho, atenção e flexibilidade cognitiva, integrados por uma narrativa comum.

1 Introdução

O potencial do uso de jogos digitais como ferramentas de estimulação cognitiva tem despertado crescente interesse científico. Estudos recentes indicam que jogos digitais podem contribuir para o desenvolvimento de funções executivas como atenção, memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, particularmente considerando a neurodiversidade [19]. Essas funções são fundamentais para o desempenho acadêmico, a autorregulação e a adaptação social, sendo frequentemente afetadas em condições como Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Além disso, pesquisas experimentais apontam que os efeitos cognitivos dependem, também, de características específicas de *design* e do engajamento emocional proporcionado pela experiência de jogo. Evidências sugerem que emoções positivas associadas à atividade podem potencializar ganhos cognitivos de curto prazo [9].

Diante desse cenário, neste trabalho, o foco é o TDAH (com ou sem comorbidades) e a investigação de como três funções executivas (memória de trabalho, atenção e flexibilidade cognitiva) podem ser desenvolvidas por meio de jogos digitais.

*Instituto de Computação, UNICAMP, 13083-852 Campinas, SP, g248320@dac.unicamp.br

[†]Instituto de Computação, UNICAMP, 13083-852 Campinas, SP, m248408@dac.unicamp.br

[‡]Instituto de Computação, UNICAMP, 13083-852 Campinas, SP, emanuel@ic.unicamp.br

1.1 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é identificar, com base na literatura científica, como características específicas de jogos digitais podem contribuir para o desenvolvimento das funções executivas selecionadas em crianças com TDAH, culminando no desenvolvimento de um jogo fundamentado em evidências neuropsicológicas.

Para alcançar esse propósito, definem-se os seguintes objetivos específicos:

1. Realizar levantamento e análise da literatura sobre o impacto de jogos digitais no desenvolvimento de funções executivas, com ênfase em crianças com TDAH;
2. Identificar características de *design* de jogos (mecânicas, organização, progressão, adaptação de dificuldade e narrativa) associadas ao aprimoramento da memória de trabalho, atenção ou flexibilidade cognitiva;
3. Desenvolver uma versão funcional do jogo incorporando as características identificadas na revisão teórica;
4. Formular hipóteses em relação ao jogo desenvolvido, que possam ser testadas de forma prática em trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 TDAH e funções executivas

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é definido pelo Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) como um transtorno do neurodesenvolvimento que se caracteriza pela presença de níveis prejudiciais de desatenção, desorganização e/ou hiperatividade-impulsividade [1]. Estudos clínicos também trazem o entendimento do TDAH como um transtorno cognitivo que prejudica a operação das funções executivas, o sistema de autogerenciamento do cérebro [3]. Sintomas comuns relacionados a funções executivas incluem dificuldade com manutenção de foco, controle da atenção, memória de trabalho, além de impulsividade.

Guias de tratamento para o TDAH recomendam abordagens multimodais, que podem incluir psicoeducação, terapia cognitivo-comportamental, medicação, e outros métodos não farmacológicos [8]. Dentre eles, estão aplicativos e jogos, que podem ter uma adoção facilitada por crianças e adolescentes com TDAH, que frequentemente têm afinidade com mídias digitais.

2.2 Jogos sérios

Jogos cujo propósito primário não é entretenimento são chamados de “Jogos Sérios” [13], incluindo aplicações educacionais, corporativas, governamentais e militares. Além disso, há um uso crescente desse tipo de jogo em intervenções terapêuticas, e revisões sistemáticas demonstram que essa abordagem tem efeitos positivos na melhora de habilidades cognitivas e na promoção de inclusão [19, 14].

Lin e Chang (2025) [14] realizaram uma revisão sistemática sobre jogos sérios voltados para crianças com TDAH. Já Rodríguez Timaná et al. (2024) [19] analisaram estudos envolvendo crianças neurodiversas de forma mais ampla. Ambos focam na efetividade dessa forma de tratamento, mas mencionam a necessidade de mais estudos para otimizar a escolha de elementos de *design* dos jogos e seu impacto nessa efetividade.

A partir das revisões citadas, foram mapeadas nove intervenções cujos impactos positivos, demonstrados com diferentes tipos de experimentos e tamanhos amostrais, fundamentam as escolhas de *design* adotadas neste projeto.

Tabela 1: Síntese dos jogos sérios avaliados, metodologias e impactos nas funções executivas.

Referência	Nome do Jogo	Evidências de Efetividade	Características Principais
Dovis et al. (2015) [7]	<i>Braingame Brian</i>	Ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo ($n = 89$ crianças com TDAH). Demonstrou melhoria em memória de trabalho, memória visuoespacial de curto prazo, inibição e controle de interferência.	Série de minijogos variados interligados por uma narrativa. Cada sessão foca em tarefas específicas de memória de trabalho, inibição e flexibilidade cognitiva.
Ramos e Garcia (2019) [18]	<i>Escola do Cérebro</i>	Estudo quase-experimental de abordagem mista ($n = 8$ crianças divididas em grupo participante e controle). Demonstrou melhoria no controle inibitório.	Centralizador de jogos clássicos adaptados, tais como <i>Tetris</i> , <i>Genius</i> , <i>Tangram</i> , <i>Looktable</i> , <i>Connectone</i> , <i>Breakout</i> e <i>Joaninha</i> .
Kollins et al. (2021) [12]	<i>EndeavorRx</i>	Estudo aberto ($n = 206$ crianças com TDAH). Evidenciou melhoria na atenção após a aplicação do tratamento.	Controle de personagem em trajeto desviando de obstáculos. Utiliza estímulos visuais e auditivos como distratores, e ajusta a dificuldade conforme o desempenho.
Gallardo e Vergara (2023) [16]	Não especificado	Estudo com 30 crianças com TDAH (grupo controle e experimental). Grupo experimental obteve melhores resultados em atenção seletiva, impulsividade e eficiência.	Progressão por 4 níveis com cenários e dificuldades incrementais. Inclui minijogos como labirintos, encontre os erros, quebra-cabeças e discriminação de objetos.

Tabela 1 – Continuação da página anterior

Referência	Nome do Jogo	Evidências de Efetividade	Características Principais
Wiguna et al. (2021) [20]	Não especificado	Estudo com 10 crianças com TDAH. Demonstrou melhoria em testes de memória de trabalho, iniciação de tarefas e organização.	Mecânica de entrega de frutas coloridas para casas correspondentes seguindo uma ordem memorizada, enquanto desvia de outros carros.
Bul et al. (2016) [4]	<i>Plan-It Commander</i>	Estudo com 170 crianças com TDAH (controle: $n = 82$; tratamento: $n = 88$). Indicou melhor desempenho em gestão do tempo, memória de trabalho e habilidades sociais.	Jogo <i>on-line</i> dividido em 10 missões guiadas por enredo. Contém três minijogos estruturais focados em gestão do tempo, planejamento/organização e comportamento prossocial.
Crepaldi (2020) [5]	<i>Antonyms</i>	Aplicação em 30 crianças. A pontuação obtida apresentou correlação positiva com testes de inibição e flexibilidade cognitiva.	Ambientação baseada em super-heróis em um reino com regras invertidas, exigindo que o jogador contenha ações impulsivas para avançar.
Kim et al. (2022) [11]	<i>NeuroWorld DTx</i>	Estudo com 30 crianças com TDAH (grupo controle e experimental). Demonstrou redução em medidas de inatenção e hiperatividade-impulsividade.	Composto por 6 minijogos (4 focados em atenção e 2 em memória de trabalho), envolvendo correspondência rápida de formas/cores, desvio de obstáculos e memorização de animais.
García-Redondo et al. (2019) [10]	<i>Boogies Academy e Cuibrain</i>	Estudo com 44 crianças com TDAH e Transtorno Específico de Aprendizagem (controle: $n = 20$; experimental: $n = 24$). Evidenciou melhora em atenção visual.	Desenvolvido para dispositivos móveis (<i>tablets</i> e celulares), englobando 10 minijogos desenhados para estimular inteligências específicas (ex: lógico-matemática e espacial).

2.3 Elementos de *design* comuns entre os jogos

Uma característica encontrada em 6 dos 9 artigos que apresentam evidências de eficácia é a divisão em múltiplos minijogos conectados por um tema em comum [7, 18, 16, 4, 11, 10]. Uma possível explicação para essa recorrência é que a divisão em múltiplos minijogos e a narrativa reduzam a monotonia durante a intervenção, favorecendo o engajamento do jogador. Entretanto, os estudos analisados não investigam diretamente essa relação. Além disso, essa estrutura permite que cada minijogo seja focado em habilidades ou funções executivas diferentes.

Apesar da diversidade de jogos analisados, algumas mecânicas aparecem repetidamente quando o objetivo é estimular determinadas funções executivas.

- Memória de trabalho: memorização de sequências [7, 18, 20]. Essa técnica, exemplificada pelo jogo *Genius*, consiste em apresentar uma sequência ao jogador, que deve repeti-la na mesma ordem. Em caso de sucesso, adicionam-se mais etapas a serem memorizadas.
- Atenção: percurso por um trajeto com obstáculos, dos quais o jogador precisa desviar [12, 20, 11]. Esse exercício exige um período sustentado de atenção da criança.
- Flexibilidade cognitiva: induzir cenários em que o jogador está condicionado a seguir uma determinada regra, e posteriormente exigir que o jogador se adapte rapidamente a uma nova regra para vencer o jogo [7, 16, 5, 11].

Um aspecto mencionado por alguns dos autores é o nível de dificuldade ajustável [12, 16]. Um jogo muito difícil pode frustrar os jogadores, ao passo que um jogo muito fácil pode ser entediante e desestimulá-los. Esse princípio é um dos pilares da Teoria do *Flow* [6], que postula a necessidade de equilíbrio entre desafio e habilidade para atingir um estado de imersão e foco. É importante considerar que a percepção de dificuldade pode variar entre diferentes jogadores.

Embora a recorrência desses elementos de *design* não permita estabelecer uma relação causal com a eficácia observada, sua presença consistente em jogos que apresentaram resultados positivos fornece indícios para justificar sua adoção como princípios de projeto neste trabalho.

3 Materiais e Métodos

3.1 Materiais

3.1.1 Linguagem de Programação

Toda a estrutura do jogo foi codificada na linguagem *Dart*, com o *framework Flutter* e tendo o *Flame* como principal biblioteca de construção, que fornece controle de imagens, textos, renderização de *sprites* e *loops* gráficos com menor latência.

3.1.2 Ambiente de Desenvolvimento

- Dart 3.11
- Flutter 3.41
- Flame 1.37
- SQFlite 2.3
- Ferramenta de ilustração gráfica para edição de imagens

O código-fonte do jogo está disponível publicamente em um repositório GitHub [15].

3.1.3 Recursos Gráficos

Os elementos visuais foram construídos mesclando o próprio *canvas* nativo da biblioteca *Flame* como também com ilustrações de imagens e cenários usando ferramentas de ilustração gráfica¹. As cores foram escolhidas com alto contraste, buscando incluir o maior número possível de pessoas, e a fonte Silkscreen foi selecionada por remeter à estética dos jogos antigos.

¹Agradecimento especial a Sara Beatriz da Silva Oliveira pelo auxílio na criação da identidade visual

3.2 Métodos

3.2.1 Visão Geral do Sistema

O jogo S.P.A.C.E. foi concebido como uma possível alternativa terapêutica para crianças com TDAH, com foco no treinamento de funções executivas comumente deficientes em pessoas com essa neurodivergência. A escolha do *Flutter* como tecnologia de desenvolvimento ocorreu devido à sua capacidade multiplataforma e à possibilidade de utilização da biblioteca de jogos *Flame*.

Conforme descrito nos estudos analisados, o engajamento das crianças em jogos está relacionado não apenas à interação com a plataforma, mas também à narrativa que envolve a experiência. Pensando nisso, o projeto utiliza recursos narrativos para envolver o jogador. A personagem principal, Laika, recebe a missão de resgatar seu amigo astronauta, que ficou preso durante uma missão espacial. Para alcançar esse objetivo, ela enfrenta diversas situações adversas nas quais o participante precisa utilizar diferentes funções executivas para superar os desafios e prosseguir na história.

O sistema oferece duas formas de jogo: o modo Missão, no qual toda a narrativa é apresentada ao jogador, e um modo composto por minijogos, destinado aos usuários que desejam praticar um jogo específico. Além disso, cada minijogo possui níveis de dificuldade personalizáveis, permitindo que o jogador seja constantemente desafiado em diferentes funções executivas, uma vez que as dificuldades variam de acordo com a habilidade trabalhada.

A adição de um sistema de *ranking* não teve como objetivo avaliar o desempenho dos jogadores, sendo baseada exclusivamente na data em que cada partida foi realizada. Essa decisão busca evitar que a competitividade seja percebida como a principal meta do jogo, ao mesmo tempo em que permite que o próprio jogador e profissionais da área da saúde acompanhem sua evolução ao longo do tempo. Dessa forma, torna-se possível identificar habilidades que ainda necessitam de maior desenvolvimento e, a partir dessas informações, elaborar protocolos de acompanhamento mais adequados.

3.2.2 Fluxo do Jogo

O fluxo de telas representado na Figura 1 ilustra a comunicação entre as diferentes telas do jogo. Vale destacar que as configurações não possuem uma tela dedicada, sendo apresentadas por meio de um *modal* sobre a tela do Menu Principal.

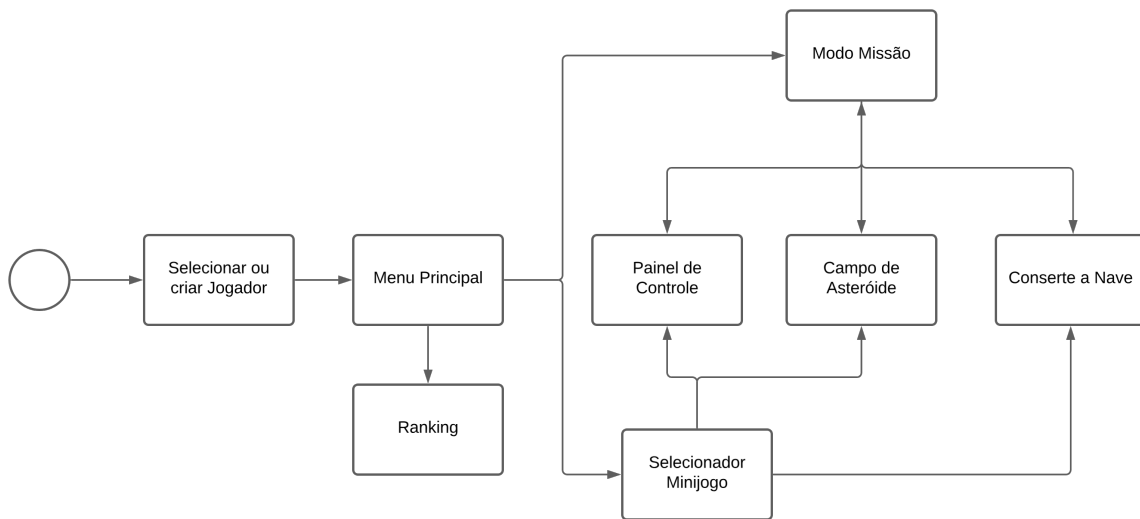


Figura 1: Fluxograma de Telas

A partir do Menu Principal, o jogador pode acessar o *Ranking*, organizado por minijogo, o Seleccionador de Minijogos, que disponibiliza apenas os desafios já desbloqueados durante a progressão no modo Missão, e o próprio modo Missão.

Do ponto de vista técnico, a principal diferença entre os dois modos de jogo está no fluxo de navegação após a conclusão de um minijogo. No modo Missão, ao finalizar um desafio, o jogador retorna à tela da missão, permitindo a continuidade da narrativa e da progressão do jogo. Já no modo Minijogos, ao concluir uma partida, o jogador é redirecionado ao Seleccionador de Minijogos, encerrando o fluxo da sessão sem dar continuidade automática à história.

3.2.3 Interface Gráfica

Tela para Selecionar Jogador: O primeiro contato do usuário com o jogo ocorre por meio de uma interface simples, com poucas informações e foco nas ações essenciais, conforme ilustrado na Figura 2. Nessa tela, é possível criar novos jogadores, remover perfis existentes e selecionar o jogador ativo. Essa funcionalidade foi desenvolvida para permitir a utilização do mesmo dispositivo por múltiplos usuários, sendo útil tanto em ambientes educacionais quanto em contextos clínicos, nos quais profissionais podem utilizar a ferramenta com diferentes pacientes.



Figura 2: Selecionar Jogador

Tela de menu principal: A identidade visual do menu foi construída a partir do nome do projeto e dos principais elementos da narrativa, representados pela personagem Laika e pelo foguete. A composição de cores enfatiza os dois principais modos de jogo, enquanto reduz o destaque visual das demais opções do menu, direcionando a atenção do jogador para as funcionalidades mais importantes da aplicação, conforme apresentado na Figura 3.

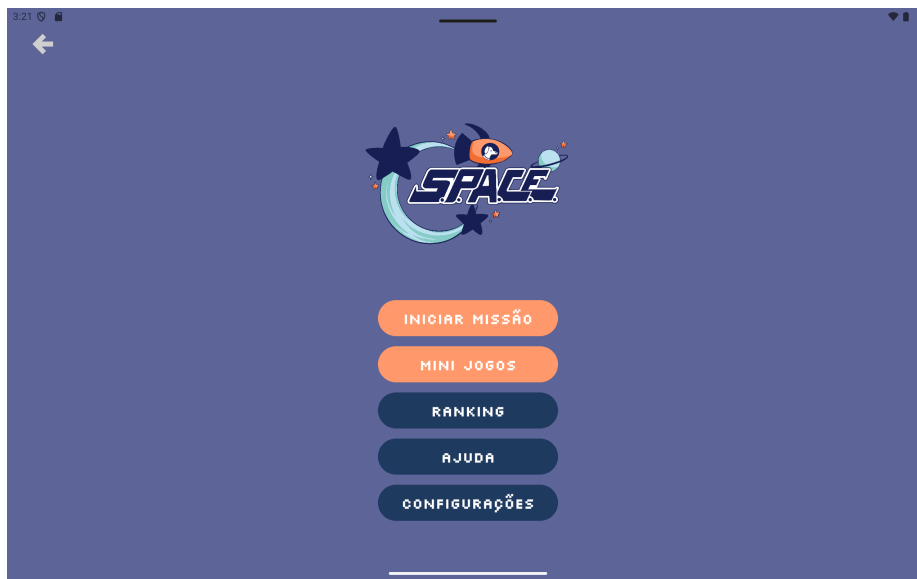


Figura 3: Menu Principal

Ao seleccionar o botão de configurações, é exibido um *modal* sobre a própria tela do Menu Principal, contendo as configurações gerais do jogo, como os níveis de dificuldade dos minijogos e o controle de volume do áudio.

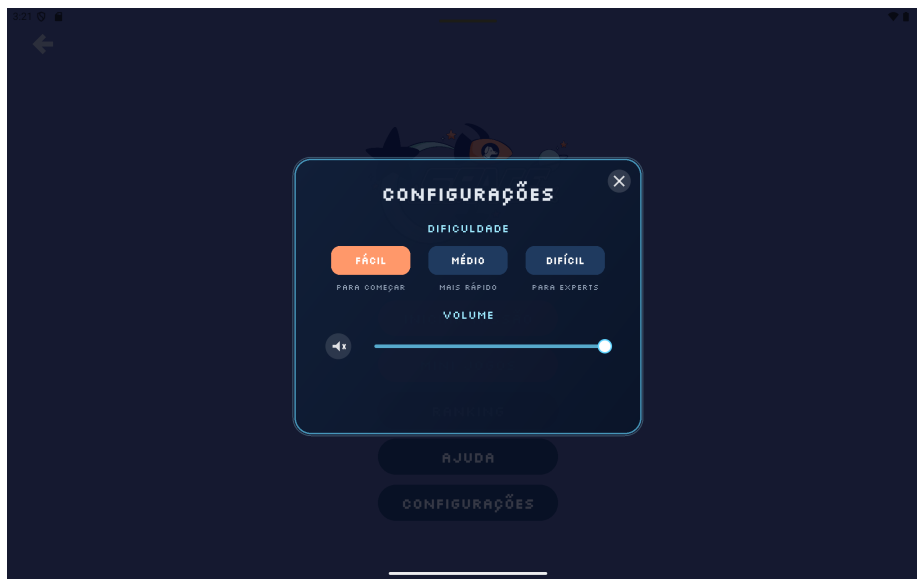


Figura 4: Configurações

Modo Missão: Essa tela concentra toda a lógica de interface e de navegação do modo Missão. A Figura 5 apresenta a primeira cena da narrativa, na qual a personagem principal é introduzida juntamente com sua motivação para iniciar a missão. Após a conclusão de cada minijogo, o fluxo

retorna automaticamente para essa tela, permitindo a continuidade da história por meio de novos diálogos e ilustrações.

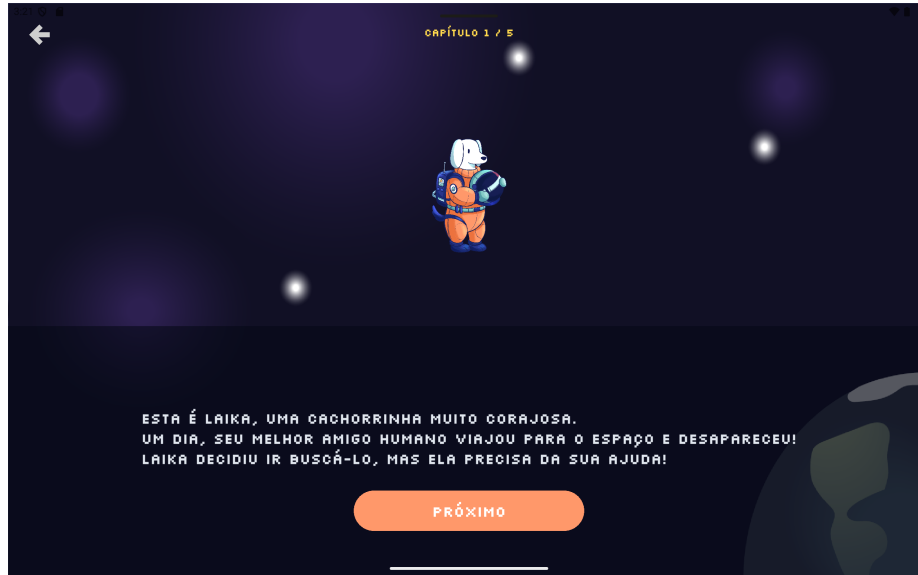


Figura 5: Modo Missão

Tela Selecionar Minijogo: A possibilidade de acessar diretamente os minijogos foi implementada para permitir que o jogador pratique habilidades específicas sem a necessidade de percorrer novamente toda a narrativa. Essa decisão foi motivada pelo fato de que diferentes funções executivas podem evoluir em ritmos distintos: enquanto um determinado minijogo pode se tornar simples para o jogador, outro ainda pode representar um desafio. Dessa forma, exigir a progressão completa da história para repetir um único desafio poderia reduzir o engajamento do usuário. A Figura 6 apresenta a tela após a conclusão da campanha principal. Durante a progressão da história, apenas os minijogos já desbloqueados no modo Missão ficam disponíveis para seleção.

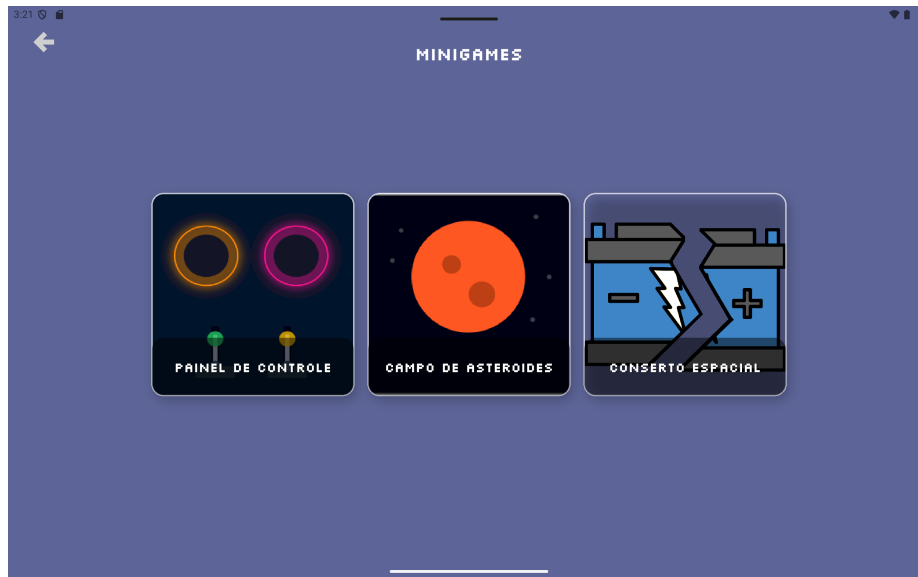


Figura 6: Selecionar Minijogo

Modal de configuração do minijogo: Antes do início de qualquer minijogo, independentemente de ele ser acessado pelo modo Missão ou pelo modo Minijogos, é apresentado um *modal* contendo configurações específicas da atividade. Nele, o jogador pode selecionar o nível de dificuldade desejado e optar por visualizar ou não o tutorial antes do início da partida, conforme ilustrado na Figura 7.

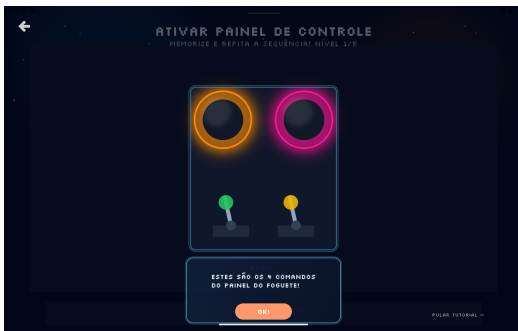


Figura 7: Configuração Minijogo

Minijogo 1 - Painel de Controle: O objetivo desse minijogo é estimular a memória de

trabalho. Inspirado no jogo *Genius* [18], o desafio consiste em memorizar e reproduzir corretamente uma sequência de alavancas e botões, cuja complexidade aumenta progressivamente a cada rodada. Esse aumento gradual da dificuldade permite que o desafio seja adaptado ao desempenho do jogador, mantendo o engajamento ao longo da atividade.

A interface foi projetada para minimizar distrações, apresentando apenas os elementos necessários para a execução da tarefa e destacando visualmente o componente que deve ser memorizado em cada etapa. Além disso, o tutorial opcional permite que novos jogadores compreendam as regras antes do início da partida, reduzindo a carga cognitiva durante as primeiras interações com o sistema. A Figura 8a apresenta a tela inicial do tutorial, enquanto a Figura 8b mostra a interface padrão durante a execução do minijogo.



(a) Painel de Controle – Tutorial



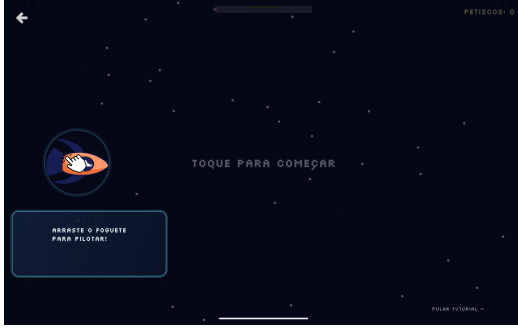
(b) Painel de Controle – Interface padrão

Figura 8: Minijogo Painel de Controle

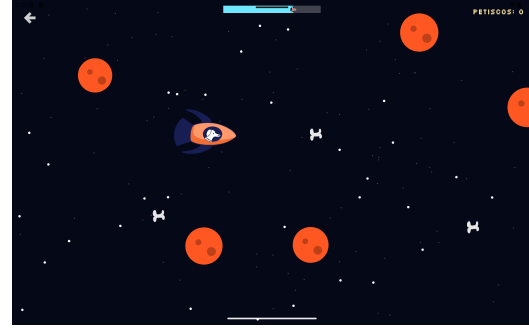
Minijogo 2 - Campo de Asteroides: O Campo de Asteroides foi desenvolvido com foco no treinamento da atenção. Seu funcionamento foi inspirado no jogo *EndeavorRx* [12], porém com uma mecânica simplificada e sem a inclusão de mudanças bruscas de estímulos visuais ou auditivos.

O objetivo do jogador é atravessar o campo de asteroides desviando de obstáculos, como asteroides e explosões, enquanto coleta o maior número possível de petiscos distribuídos pelo cenário. Dessa forma, o jogador precisa dividir sua atenção entre evitar colisões e maximizar sua pontuação, exigindo respostas rápidas e manutenção do foco durante toda a partida.

Assim como nos demais minijogos, o tutorial é apresentado de forma opcional antes do início da atividade, permitindo que o jogador compreenda os controles e os objetivos do desafio. As Figuras 9a e 9b apresentam, respectivamente, a tela de tutorial e uma captura da interface durante a execução do minijogo.



(a) Campo de Asteroides – Tutorial



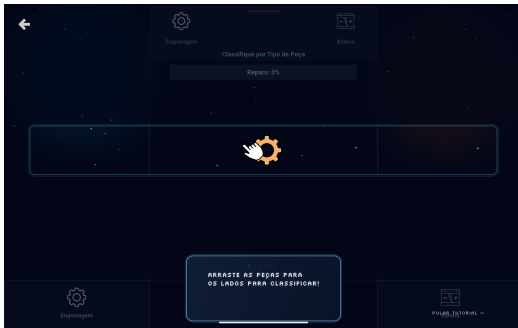
(b) Campo de Asteroides – Interface padrão

Figura 9: Minijogo Campo de Asteroides

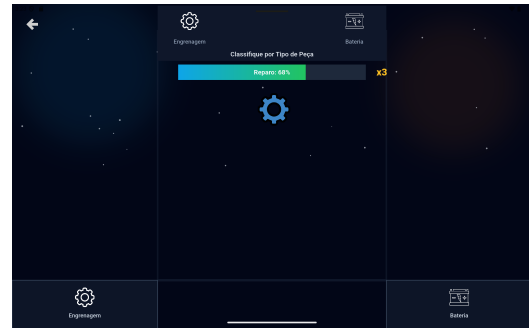
Minijogo 3 - Conserto Espacial: Este foi o último minijogo concebido e desenvolvido, tendo como foco o treinamento da flexibilidade cognitiva e da atenção. Nele, o jogador deve auxiliar no conserto de uma nave espacial danificada, classificando diferentes objetos de acordo com uma propriedade específica: cor, tipo ou estado (inteiro ou quebrado). A ideia foi inspirada no jogo *Braingame Brian* [7] e no *The Wisconsin Card Sorting Test (WCST)* [2].

As cores utilizadas foram selecionadas de forma a apresentar alto contraste entre si, reduzindo a possibilidade de ambiguidades durante a classificação e facilitando a identificação visual dos elementos. À medida que o nível de reparo avança, o critério de classificação é alterado entre as diferentes propriedades, exigindo que o jogador adapte sua estratégia continuamente. Essa mecânica estimula a flexibilidade cognitiva ao demandar mudanças frequentes de atenção e de critério de decisão, evitando que o participante execute a tarefa de maneira automática.

Assim como nos demais minijogos, um tutorial opcional é apresentado antes do início da atividade para familiarizar o jogador com os controles e as regras. As Figuras 10a e 10b apresentam, respectivamente, a tela de tutorial e uma captura de tela do minijogo em um estágio mais avançado do reparo da nave.



(a) Conserto Espacial – Tutorial



(b) Conserto Espacial – Interface padrão

Figura 10: Minijogo Conserto Espacial

4 Resultados e Discussões

O desenvolvimento do jogo *S.P.A.C.E.* foi bem-sucedido em incorporar os elementos de *design* recorrentes identificados na revisão bibliográfica.

Tabela 2: Mapeamento entre os elementos de *design* recorrentes identificados na revisão e sua implementação no *S.P.A.C.E.*

Elemento de <i>design</i>	Referências	Implementação no <i>S.P.A.C.E.</i>
Múltiplos minijogos conectados por uma narrativa comum	[7, 18, 16, 4, 11, 10]	Três minijogos unificados pela narrativa de Laika, uma cadela em missão de resgate, apresentada em um modo história.
Memória de trabalho: memorização de sequências	[7, 18, 20]	<i>Painel de Controle</i> : o jogador memoriza e repete sequências progressivamente mais longas de comandos, ao estilo <i>Genius</i> , para acionar o motor do foguete.
Atenção: percurso por trajeto com obstáculos a desviar	[12, 20, 11]	<i>Campo de Asteroides</i> : o jogador conduz o foguete por um cinturão de asteroides, desviando de obstáculos e de explosões falsas enquanto ignora distratores na tela.
Flexibilidade cognitiva: regra condicionada que muda e exige readaptação	[7, 16, 5, 11]	<i>Conserto Espacial</i> : o jogador classifica peças em compartimentos segundo um critério (forma, cor ou estado) que se altera ao longo da partida.
Nível de dificuldade ajustável (Teoria do <i>Flow</i>)	[12, 16]	Seletor global de dificuldade (<i>Fácil</i> , <i>Médio</i> e <i>Difícil</i>) que ajusta parâmetros de cada minijogo, como duração dos estímulos, velocidade e frequência de surgimento de obstáculos.

O código do jogo está aberto e disponível em um repositório do GitHub [15]. Pela natureza do *framework Flutter*, a aplicação é multiplataforma, apresentando compatibilidade com *tablets* e celulares nos ecossistemas iOS e Android.

As decisões de *design* adotadas durante o desenvolvimento do jogo foram orientadas por princípios de Interação Humano-Computador, com foco na redução da carga cognitiva do usuário e na priorização do reconhecimento em detrimento da memorização, seguindo a quarta e sexta heurísticas de Nielsen [17]. Para isso, foram utilizadas cores com alto contraste, instruções objetivas e explícitas nos tutoriais, acompanhadas de ilustrações que demonstram os procedimentos esperados, além do emprego de textos simples e de fácil compreensão. Essas escolhas buscaram tornar a interação mais intuitiva e acessível, especialmente considerando o público-alvo da aplicação. Entretanto, ainda existem oportunidades de aprimoramento. Como trabalho futuro, pretende-se incorporar recursos de acessibilidade adicionais, como a possibilidade de ajuste do tamanho da fonte, beneficiando usuários com baixa visão.

Embora o desenvolvimento do artefato de *software* tenha sido concluído, ainda são necessários testes empíricos com o público-alvo para determinar o sucesso do jogo. Há um conjunto de hipóteses a serem validadas, incluindo:

- **Adequação do nível de dificuldade:** o jogo inclui seletores de dificuldade, para se adaptar a um número maior de crianças. No entanto, ainda é necessária uma calibração, para determinar se o nível padrão (médio) atende à maioria dos usuários, se o nível fácil não gera frustração em jogadores menos experientes, e se o nível difícil apresenta um desafio satisfatório para jogadores mais proficientes.
- **Engajamento e experiência do usuário:** deve-se investigar se o público-alvo percebe o jogo como divertido, tanto narrativa quanto mecanicamente. A ausência de prazer lúdico reduz o engajamento e, conseqüentemente, compromete a efetividade terapêutica da intervenção [9].
- **Retenção e tempo de exposição:** caso os jogadores completem o conteúdo rapidamente sem incentivo para retornar, a exposição pode ser insuficiente para atuar como mecanismo terapêutico. Confirmando-se esse cenário, podem ser concebidas estratégias que aumentem o valor de repetição, como minijogos adicionais e competição.

As hipóteses acima determinam a viabilidade e usabilidade do jogo, e podem ser avaliadas por meio de observação e questionários após sessões curtas. No entanto, para demonstrar a eficácia clínica no desenvolvimento das funções executivas, seria necessário um acompanhamento mais robusto, ao longo de múltiplas sessões, com grupos controle e experimental para isolar outros fatores. O teste de eficácia aplicado não deve ser a pontuação no jogo em si: é fundamental avaliar a ocorrência da chamada “transferência distante” (*far transfer*), ou seja, se a melhora de desempenho no ambiente virtual se traduz em benefícios práticos no cotidiano da criança.

Além disso, é necessário ter em vista que as escolhas de *design* feitas no jogo foram baseadas em elementos recorrentes de outros jogos sérios efetivos, mas não é possível determinar uma relação causal entre esses elementos e a eficácia. Para isso, podem ser aplicados testes com variações do jogo que contenham ou não tais elementos, dessa forma permitindo uma análise mais precisa da contribuição dessas escolhas para os resultados finais.

5 Conclusão

Após quatro meses de pesquisa, planejamento e desenvolvimento, foi possível construir um protótipo funcional do jogo *S.P.A.C.E.*, apto para a realização de estudos com o público-alvo. Espera-se que esses testes forneçam evidências sobre a usabilidade da aplicação, o nível de engajamento dos usuários e o potencial do jogo como ferramenta de apoio ao treinamento de funções executivas em crianças com TDAH, permitindo avaliar as hipóteses levantadas ao longo deste trabalho.

O desenvolvimento do projeto proporcionou um aprofundamento nos estudos sobre o uso de jogos digitais como ferramenta de apoio terapêutico para pessoas com TDAH, além de ampliar o conhecimento acerca de princípios de Interação Humano-Computador, usabilidade e acessibilidade aplicados ao desenvolvimento de aplicações voltadas à saúde.

Como continuidade deste trabalho, pretende-se realizar avaliações com o público-alvo sob o acompanhamento de profissionais da saúde, utilizando protocolos e instrumentos validados para mensurar o impacto da aplicação no treinamento das funções executivas. Os resultados desses estudos poderão orientar a evolução do jogo, contribuindo tanto para o aprimoramento da ferramenta quanto para o avanço das pesquisas sobre o uso de jogos digitais como recurso de apoio em intervenções terapêuticas.

6 Declaração de Uso de Inteligência Artificial

Nenhuma ferramenta de inteligência artificial foi utilizada na elaboração conceitual do trabalho, nas escolhas de *design*, na arte do jogo, na arquitetura do sistema, ou na escrita do relatório, exceto

como apoio na revisão textual. Para auxílio na implementação do código do jogo, foram utilizadas as ferramentas GitHub Copilot (com seleção de modelo automática), Deepseek V4 Pro e Deepseek V4 Flash, com revisão, refinamento, e responsabilidade dos autores pelo resultado final.

Referências

- [1] American Psychiatric Association. 2014. *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5* (5 ed.). Artmed, Porto Alegre.
- [2] Esta A. Berg. 1948. A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *The Journal of General Psychology* 39 (1948), 15–22.
- [3] Thomas E. Brown. 2009. ADD/ADHD and impaired executive function in clinical practice. *Current Attention Disorders Reports* 1, 1 (2009), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s12618-009-0006-3>
- [4] Kim C. M. Bul, Pamela M. Kato, Saskia Van der Oord, Marina Danckaerts, Leonie J. Vreke, Annik Willems, Helga J. J. van Oers, Ria Van Den Heuvel, Derk Birnie, Thérèse A. M. J. Van Amelsvoort, Ingmar H. A. Franken, and Athanasios Maras. 2016. Behavioral outcome effects of serious gaming as an adjunct to treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research* 18, 2 (2016), e26. <https://doi.org/10.2196/jmir.5173>
- [5] Maura Crepaldi, Vera Colombo, Stefano Mottura, Davide Baldassini, Marco Sacco, Alice Cancer, and Alessandro Antonietti. 2020. Antonyms: a computer game to improve inhibitory control of impulsivity in children with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Information* 11, 4 (2020), 230. <https://doi.org/10.3390/info11040230>
- [6] Mihály Csíkszentmihályi. 1990. *Flow: the psychology of optimal experience*. Harper & Row, New York. 303 pages.
- [7] Sebastiaan Dövis, Saskia Van der Oord, Reinout W. Wiers, and Pier J. M. Prins. 2015. Improving executive functioning in children with ADHD: training multiple executive functions within the context of a computer game. A randomized double-blind placebo controlled trial. *PLOS ONE* 10, 4 (2015), e0121651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121651>
- [8] Renate Drechsler, Silvia Brem, Daniel Brandeis, Edna Grünblatt, Gregor Berger, and Susanne Walitza. 2020. ADHD: current concepts and treatments in children and adolescents. *Neuro-pediatrics* 51, 5 (2020), 315–335. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701658>
- [9] Sandro Franceschini, Sara Bertoni, Matteo Lulli, Telmo Pievani, and Andrea Facoetti. 2022. Short-term effects of video-games on cognitive enhancement: the role of positive emotions. *Journal of Cognitive Enhancement* 6 (2022), 29–46. <https://doi.org/10.1007/s41465-021-00220-9>
- [10] Patricia García-Redondo, Trinidad García, Débora Areces, José Carlos Núñez, and Celestino Rodríguez. 2019. Serious games and their effect improving attention in students with learning disabilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 14 (2019), 2480. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142480>

- [11] Seon-Chil Kim, Hojun Lee, Hyun-Suk Lee, Gaeun Kim, and Jeong-Heon Song. 2022. Adjuvant therapy for attention in children with ADHD using game-type digital therapy. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19, 22 (2022), 14982. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214982>
- [12] Scott H. Kollins, Ann Childress, Andrew C. Heusser, and Jacqueline Lutz. 2021. Effectiveness of a digital therapeutic as adjunct to treatment with medication in pediatric ADHD. *npj Digital Medicine* 4 (2021), 58. <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00429-0>
- [13] Fedwa Laamarti, Mohamad Eid, and Abdulmotaleb El Saddik. 2014. An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology* 2014 (2014), 1–15. <https://doi.org/10.1155/2014/358152>
- [14] Jing Lin and Woo-Rin Chang. 2025. Effectiveness of serious games as digital therapeutics for enhancing the abilities of children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): systematic literature review. *JMIR Serious Games* 13 (2025), e60937. <https://doi.org/10.2196/60937>
- [15] Gustavo Miller Santos and Maria Eduarda Elias Rocha. 2026. S.P.A.C.E.: repositório do código-fonte. <https://github.com/DudaElias/SPACE>
- [16] Mónica Monserrat Gallardo and René Gallardo Vergara. 2023. Serious games como entrenamiento de la atención en niños con TDAH. *Revista CES Psicología* 16, 2 (2023), 86–102. <https://doi.org/10.21615/cesp.6418>
- [17] Jakob Nielsen. 1994. 10 usability heuristics for user interface design. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- [18] Daniela Karine Ramos and Fernanda Albertina Garcia. 2019. Jogos digitais e aprimoramento do controle inibitório: um estudo com crianças do atendimento educacional especializado. *Revista Brasileira de Educação Especial* 25, 1 (2019), 37–54. <https://doi.org/10.1590/s1413-65382519000100003>
- [19] Luis Carlos Rodríguez Timaná, Javier Ferney Castillo García, Teodiano Bastos Filho, Alvaro Alexander Ocampo González, Nazly Rocio Hincapié Monsalve, and Nicolas Jacobo Valencia Jimenez. 2024. Use of serious games in interventions of executive functions in neurodiverse children: systematic review. *JMIR Serious Games* 12 (2024), e59053. <https://doi.org/10.2196/59053>
- [20] Tjhin Wiguna, Raden Irawati Ismail, Fransiska Kaligis, Kusuma Minayati, Belinda Julivia Murtani, Ngurah Agung Wigantara, Kent Pradana, Raymond Bahana, Bayu Prakoso Dirgantoro, and Eko Nugroho. 2021. Developing and feasibility testing of the Indonesian computer-based game prototype for children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Heliyon* 7, 7 (2021), e07571. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07571>