



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

EMERSON IGOR DE SOUZA

**JOGO SÉRIO PARA DESENVOLVIMENTO COGNITIVO DE PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA NA APAE DE PAU DOS FERROS - RN**

PAU DOS FERROS - RN

2024

EMERSON IGOR DE SOUZA

**JOGO SÉRIO PARA DESENVOLVIMENTO COGNITIVO DE PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA NA APAE DE PAU DOS FERROS - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Tecnologia da Informação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo.

PAU DOS FERROS - RN

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S729j Souza, Emerson Igor de.
Jogo sério para desenvolvimento cognitivo de
pessoas com deficiência na APAE de Pau dos Ferros
- RN / Emerson Igor de Souza. - 2024.
37 f. : il.

Orientador: Francisco Carlos Gurgel da Silva
Segundo.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Tecnologia da
Informação, 2024.

1. Jogo da memória. 2. Acessibilidade. 3.
Inclusão. 4. Microcontrolador Arduino. 5.
Desenvolvimento cognitivo. I. Silva Segundo,
Francisco Carlos Gurgel da, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

EMERSON IGOR DE SOUZA

**JOGO SÉRIO PARA DESENVOLVIMENTO COGNITIVO DE PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA NA APAE DE PAU DOS FERROS - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Tecnologia da Informação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Tecnologia da Informação.

APROVADO EM: 28 / 03 / 2024

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO CARLOS GURGEL DA SILVA SEGUNDO
Data: 02/04/2025 18:15:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, Prof. Dr. (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente
 CECILIO MARTINS DE SOUSA NETO
Data: 02/04/2025 14:35:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cecílio Martins de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 PEDRO THIAGO VALERIO DE SOUZA
Data: 02/04/2025 14:01:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pedro Thiago Valério de Souza, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

DEDICATÓRIA

Em memória do meu avô e com dedicação à minha avó e minha tia Alzenir,

Vocês sempre foram a luz que iluminou meu caminho. Suas palavras de incentivo, seu amor incondicional e seu apoio constante foram a base de cada conquista minha. Este trabalho não é apenas meu, mas também uma forma de expressar minha imensa gratidão a vocês.

Com vocês, aprendi o valor da persistência, da dedicação e do esforço. Sempre acreditaram em mim, mesmo nos momentos em que duvidei de mim mesmo. O papel que desempenharam na minha trajetória acadêmica e pessoal é inestimável, e esta dedicação é apenas um pequeno tributo ao impacto que tiveram em minha vida.

Sou grato por cada sacrifício, por cada palavra de encorajamento e por todo o amor que sempre me deram. Dedico este trabalho a vocês, meus heróis, minha eterna fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por me abençoar e me conceder sabedoria e discernimento para chegar até aqui. Sou imensamente grato à minha família, cujo apoio foi essencial ao longo dessa caminhada. Ter vocês ao meu lado é um privilégio.

À minha namorada, Iandra Lopes, minha luz e meu alicerce, agradeço por estar sempre presente, incentivando-me a explorar novos horizontes. Sua presença em minha vida torna essa conquista ainda mais especial. Seu amor incondicional, compreensão, encorajamento e fé em mim, mesmo nos momentos mais difíceis, foram fundamentais nessa trajetória. Este trabalho é também um reflexo do nosso compromisso, cumplicidade e desejo de construir um futuro juntos. Obrigado por acreditar em mim quando eu mesmo duvidei e por compartilhar cada etapa dessa jornada.

Agradeço ao Prof. Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, meu orientador, por dedicar seu tempo, conhecimento e experiência a este trabalho. Sua orientação foi essencial para que este projeto se concretizasse, e sou profundamente grato pela oportunidade de aprender sob sua supervisão.

Por fim, expresso minha gratidão aos meus colegas e amigos: Luis Davi, Antônio Romailson e Maria Eduarda. Vocês tiveram um papel fundamental nessa caminhada acadêmica. Compartilhamos não apenas risos e momentos de descontração, mas também desafios, longas horas de estudo, debates e apoio mútuo. Cada palavra de incentivo e cada gesto de amizade contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

A todos, meu sincero obrigado.

“Se não puder voar, corra.
Se não puder correr, ande.
Se não puder andar, rasteje.
Mas continue em frente de qualquer jeito.”
(Martin Luther King Jr.)

RESUMO

Os jogos sérios são ferramentas que combinam entretenimento e funcionalidade, sendo utilizados em diversas áreas, como educação, treino e reabilitação. Diferente dos jogos convencionais, eles possuem um propósito além do lazer, podendo auxiliar no desenvolvimento cognitivo e motor de diferentes públicos. Diante da importância da acessibilidade e da inclusão de pessoas com deficiência, este trabalho propõe o desenvolvimento de um jogo da memória assistivo voltado para pessoas com deficiência. O jogo foi projetado utilizando Arduino, visando estimular a memória, a coordenação motora e a interatividade entre os jogadores, proporcionando um ambiente lúdico e inclusivo. A metodologia adotada envolveu o planejamento do circuito eletrônico, simulação no *Tinkercad*, modelagem 3D da estrutura e testes práticos para validar o funcionamento do sistema. O protótipo foi avaliado quanto à usabilidade e acessibilidade, demonstrando resultados positivos na interação dos usuários com o jogo. Os resultados indicam que o jogo tem potencial para auxiliar no desenvolvimento cognitivo e motor dos jogadores, contribuindo para sua inclusão e estimulando habilidades essenciais de forma divertida. Além disso, o projeto abre caminho para futuras melhorias, como implementação de novos níveis de dificuldade e a personalização de estímulos sensoriais, tornando a experiência ainda mais adaptável às necessidades dos usuários.

Palavras-chave: jogo da memória; acessibilidade; inclusão; Arduino; desenvolvimento cognitivo.

ABSTRACT

Serious games are tools that combine entertainment and functionality, being used in various fields such as education, training, and rehabilitation. Unlike conventional games, they serve a purpose beyond leisure, aiding in cognitive and motor development for different audiences. Given the importance of accessibility and design the inclusion of people with disabilities, this study proposes the development of an assistive memory game designed for individuals with Down Syndrome (DS) and Autism Spectrum Disorder (ASD). The game was developed using Arduino, aiming to stimulate memory, motor coordination, and interactivity among players, creating a playful and inclusive environment. The methodology involved the planning of the electronic circuit, simulation in Tinkercad, 3D modeling of the structure, and practical tests to validate the system's functionality. The prototype was assessed in terms of usability and accessibility, showing positive results in user interaction with the game. The results indicate that the game has the potential to assist in cognitive and motor development, promoting inclusion and stimulating essential skills in a fun way. Furthermore, the project paves the way for future improvements, such as implementing new difficulty levels and customizing sensory stimuli, making the experience even more adaptable to users' needs.

Keywords: memory game; accessibility; inclusion; Arduino; cognitive development.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1. Objetivo geral.....	10
1.2. Objetivos específicos.....	10
1.3. Metodologia.....	11
1.4. Estrutura do trabalho.....	11
2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	13
2.1. Jogo sério eletrônico.....	13
2.2. Exemplos de jogos sérios.....	13
3 PROJETO DO JOGO ELETRÔNICO.....	18
3.1. Desenvolvimento do projeto.....	18
3.2. Componentes eletrônicos do projeto.....	19
3.3. Conexão dos componentes.....	20
3.4. Lógica e funcionamento do jogo.....	20
3.5. Imagens do projeto.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1. Análise dos resultados.....	27
4.2. Discussão.....	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A educação inclusiva de pessoas com deficiência intelectual representa um dos desafios mais complexos e urgentes no cenário educacional contemporâneo. Na APAE de Pau dos Ferros, instituição onde este trabalho foi concebido e desenvolvido, a realidade diária revela uma contradição alarmante: enquanto a Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) avança nas políticas de acesso, os recursos pedagógicos disponíveis continuam inadequados para atender às necessidades específicas de alunos com Síndrome de *Down* e Transtorno do Espectro Autista. Dados da OMS (2011) mostram que 15% da população global convive com algum tipo de deficiência, sendo que para esses indivíduos em particular, os desafios na aprendizagem são agravados por dificuldades persistentes em memória, atenção e coordenação motora (Silva; Ferreira, 2020).

O problema reside na gritante inadequação dos métodos tradicionais de ensino, que se mostram incapazes de engajar efetivamente esses alunos. Nas salas de aula da APAE de Pau dos Ferros, observa-se diariamente como estratégias convencionais falham em despertar o interesse e promover a aprendizagem significativa. Essa limitação torna-se ainda mais grave quando consideramos que a maioria das soluções tecnológicas existentes no mercado são financeiramente inacessíveis para instituições como a APAE de Pau dos Ferros ou não foram projetadas considerando as particularidades cognitivas desse público específico. O resultado é um cenário onde professores e terapeutas trabalham com recursos limitados, enquanto os alunos deixam de desenvolver todo seu potencial.

Diante desse contexto desafiador, este trabalho oferece uma resposta concreta através do desenvolvimento de um jogo sério eletrônico baseado em *Hardware*. O que torna nossa abordagem verdadeiramente inovadora é a combinação única de três elementos fundamentais: a acessibilidade financeira garantida pelo uso de tecnologias abertas como Arduino e impressão 3D, um *design* cuidadosamente adaptado às necessidades específicas desse público, e uma sólida fundamentação científica baseada nos princípios da aprendizagem multimodal (Garcia; Almeida, 2020). Diferentemente dos jogos digitais convencionais, nossa solução prioriza a interação física, que estudos comprovam ser crucial para o desenvolvimento cognitivo dessa população.

A relevância deste projeto se manifesta em múltiplas dimensões. Do ponto de vista social, oferece uma ferramenta concreta e acessível que pode transformar a prática pedagógica na APAE de Pau dos Ferros e instituições similares. Academicamente, contribui para preencher uma lacuna importante na literatura sobre tecnologias assistivas, particularmente no

que diz respeito à aplicação de *hardware* acessível na educação especial. Pedagogicamente, incorpora os achados mais recentes da pesquisa científica, que demonstram como jogos sérios podem melhorar em até 40% a retenção de informações em indivíduos com TEA (Martins et al., 2021).

O processo de desenvolvimento do protótipo seguiu uma metodologia rigorosa, começando pela modelagem virtual no *Tinkercad* (Gonçalves et al., 2019), passando por testes interativos com os profissionais da APAE, até chegar à versão final validada com os alunos. Essa abordagem sistemática garantiu que o produto final atendesse às reais necessidades do público-alvo, incorporando desde o *design* até a funcionalidade, os princípios da educação inclusiva. Os resultados preliminares já indicam impactos promissores no desenvolvimento de habilidades cognitivas, coordenação motora fina e interação social, abrindo caminho para que a solução seja replicada em outras instituições.

Ao longo deste trabalho, conduzimos o leitor por uma jornada completa que parte dos fundamentos teóricos sobre jogos sérios e tecnologias assistivas, passa pela detalhada descrição metodológica do desenvolvimento do protótipo, avança para a análise dos resultados obtidos nos testes com os usuários da APAE, e culmina numa reflexão aprofundada sobre os impactos observados e as possibilidades de aperfeiçoamento futuro. Mais do que apresentar uma solução tecnológica, esta pesquisa busca oferecer uma contribuição significativa para o campo da educação inclusiva, demonstrando na prática como a tecnologia pode ser uma poderosa aliada na construção de uma sociedade verdadeiramente inclusiva.

1.1. Objetivo geral

Desenvolver um jogo sério eletrônico para estimular o desenvolvimento cognitivo de usuários da APAE de Pau dos Ferros, utilizando tecnologia para facilitar o aprendizado e melhorar a interação social.

1.2. Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral descrito anteriormente, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar sobre jogos sérios e sua aplicação na educação especial;
- Identificar componentes eletrônicos adequados para o desenvolvimento do jogo;
- Projetar e construir um protótipo funcional;
- Avaliar a interação dos alunos com o jogo;

- Analisar os impactos do jogo no desenvolvimento cognitivo dos participantes;
- Propor melhorias e possíveis expansões do projeto com base nos resultados obtidos.

1.3. Metodologia

O projeto adota uma abordagem qualitativa e experimental, uma metodologia amplamente utilizada em pesquisas na área de educação especial (Ludke; André, 2018). Inicialmente, será realizada uma pesquisa bibliográfica para fundamentar o desenvolvimento do jogo sério eletrônico, garantindo embasamento teórico e identificação das melhores práticas para atender às necessidades dos alunos com deficiência (Silva; Ferreira, 2020).

A fase de desenvolvimento envolve a escolha e integração dos componentes eletrônicos, como Arduino, LED, LCD (*Liquid Crystal Display*) e botões, que compõem o jogo. O uso dessas tecnologias tem se mostrado eficaz em diversos estudos sobre ensino acessível e interativo (Banzi, 2011; Oliveira; Souza, 2021). Durante a etapa de testes, o protótipo será avaliado para permitir uma análise de usabilidade e do impacto no desenvolvimento cognitivo dos participantes, conforme apontado por Martins *et al.* (2021), que destacam a importância de avaliar a interação do usuário em jogos educativos.

Por meio das observações diretas, garantimos uma visão ampla dos benefícios e desafios do jogo. A abordagem qualitativa permitirá compreender melhor as reações dos participantes e adaptar o jogo conforme necessário, garantindo que ele seja acessível e eficiente no processo de aprendizagem (Garcia; Almeida, 2020). Além disso, estudos indicam que a adaptação contínua de recursos assistivos, com base no *feedback* dos usuários, é fundamental para a efetividade da tecnologia assistiva na educação (Ramos; Pereira, 2018).

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, descritos a seguir.

O segundo capítulo contém o levantamento bibliográfico, abordando jogos sérios eletrônicos e sua aplicação na aprendizagem de pessoas com deficiência, além de discutir trabalhos relacionados e os componentes eletrônicos utilizados no projeto, como Arduino e impressão 3D, que têm sido amplamente utilizados na educação especial.

No terceiro capítulo são descritos os detalhes técnicos e funcionais do desenvolvimento do jogo, incluindo a conexão dos componentes e a lógica de funcionamento.

A utilização de plataformas como *Tinkercad* e a programação em Arduino são analisadas com base em estudos que destacam sua aplicabilidade na construção de jogos interativos para fins educacionais.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos e as discussões sobre a interação dos usuários com o jogo, destacando as observações feitas durante os testes na APAE de Pau dos Ferros. Estudos indicam que metodologias baseadas em jogos digitais podem melhorar significativamente a concentração e o engajamento de alunos com deficiência (Martins *et al.*, 2021).

O quinto capítulo traz as considerações finais, com um resumo das contribuições do trabalho e sugestões para aprimoramento futuro. Além disso, são discutidas as limitações encontradas e possíveis melhorias para tornar o jogo ainda mais acessível e eficiente (Silva; Ferreira, 2020).

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Neste Capítulo, serão apresentados a base teórica sobre os jogos sérios com sua história e sua utilização na educação, e o envolvimento na tecnologia.

2.1. Jogo sério eletrônico

Os jogos sérios são definidos como jogos desenvolvidos com um propósito principal que vai além do entretenimento, abrangendo áreas como educação, treinamento profissional, reabilitação e inclusão social. Deterding *et al.* (2011) definem jogos sérios como aqueles projetados para fins que não se limitam ao entretenimento, mas buscam resultados educacionais e sociais. No contexto educacional, os jogos sérios eletrônicos têm sido amplamente utilizados para estimular habilidades cognitivas, motoras e sociais de diversos públicos, incluindo pessoas com deficiência intelectual, síndrome de *down* e o transtorno do espectro autista. Esses jogos podem proporcionar ambientes de aprendizado adaptativos e interativos, de acordo com Gee (2003), que destaca a capacidade dos jogos de promover a aprendizagem através de experiências imersivas e de engajamento ativo.

Estudos indicam que a interação com os jogos eletrônicos pode favorecer o desenvolvimento de funções executivas, como memória de trabalho, atenção e resolução de problemas. Diamond (2013), em seus estudos sobre funções executivas, afirma que atividades cognitivas como essas são fundamentais para o desenvolvimento de habilidades de controle e adaptação, e os jogos eletrônicos têm mostrado um impacto positivo na melhoria dessas funções. A utilização de dispositivos como microcontroladores, sensores e *LEDs* permite a criação de experiências imersivas, proporcionando *feedback* visual e sonoro que reforça o aprendizado. Salmon (2004) argumenta que o uso de tecnologias que fornecem *feedback* imediato tem o potencial de melhorar o engajamento e a retenção de conhecimento ao proporcionar uma experiência de aprendizado mais dinâmica e personalizada.

2.2. Exemplos de jogos sérios

Diversas pesquisas têm explorado o desenvolvimento de jogos sérios eletrônicos para públicos com necessidades especiais, com ênfase no *design* inclusivo e na acessibilidade. Segundo Garcia e Almeida (2020), jogos sérios não se limitam ao entretenimento, mas têm 15

como objetivo promover o aprendizado e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais.

O uso do Arduino na educação tem sido amplamente estudado como uma ferramenta eficaz para a criação de jogos interativos, que auxiliam no aprendizado de conceitos matemáticos, lógicos e motores (Banzi, 2011). De acordo com Oliveira e Souza (2021), a plataforma Arduino oferece flexibilidade e acessibilidade, permitindo a construção de dispositivos personalizados para atender às necessidades específicas de alunos com deficiência.

Embora esses jogos demonstrem eficácia em seus contextos específicos, eles possuem uma limitação comum: são exclusivamente digitais, dependendo de telas e dispositivos eletrônicos convencionais.

- **Adrie: Um serious game imersivo para potencializar as habilidades cognitivas de pessoas com deficiência intelectual. SILVA, J. *et al.* (2021).**

O estudo Adrie propôs o uso de realidade virtual imersiva como uma forma de criar um ambiente envolvente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas em indivíduos com deficiência intelectual. A utilização de um ambiente imersivo facilita a aprendizagem, pois aumenta o engajamento e a interação com o conteúdo, o que torna o processo mais eficaz. A Figura 1 apresenta a *interface* do jogo ADRIE.

Figura 1 - *Interface* ADRIE.



Fonte: Silva *et al.* (2021).

Tecnologia Utilizada: Realidade virtual (RV), interação 3D.

Objetivo: Aprimorar habilidades cognitivas, como memória e atenção, através de tarefas interativas e *feedback* visual e sonoro.

- **Aprendendo com Tarefas: jogo sério para auxílio na alfabetização de crianças com deficiência intelectual. Souza *et al.* (2020).**

Neste trabalho, foi desenvolvido um jogo sério utilizando realidade virtual para auxiliar na alfabetização de crianças com deficiência intelectual. O jogo oferece uma ferramenta lúdica, que transforma o processo de ensino-aprendizagem em uma experiência interativa e atraente. Conforme ilustrado na Figura 2, a *interface* do jogo foi projetada para ser intuitiva e acessível, facilitando o engajamento das crianças.

Figura 2 - *Interface* Aprendendo Tarefas.



Fonte: Souza *et al.* (2020).

Tecnologia Utilizada: Realidade virtual, interfaces de toque.

Objetivo: Auxiliar no processo de alfabetização de crianças com deficiência intelectual, através de tarefas que envolvem letras e palavras de forma interativa.

- **APAE Games: Um jogo digital como ferramenta de aprendizagem para crianças com deficiência intelectual. Silva, (2018).**

O estudo APAE Games descreve o desenvolvimento de um jogo digital educativo, que visa auxiliar crianças com deficiência intelectual a aprender habilidades do cotidiano, como higiene pessoal e hábitos alimentares. A utilização de atividades práticas e educativas reforça o aprendizado. A Figura 3 apresenta a *interface* do jogo, que utiliza animações educacionais para reforçar o aprendizado de forma prática e envolvente.

Figura 3 - *Interface APAE Games.*



Fonte: Silva, (2018).

Tecnologia Utilizada: *Interface* gráfica simples, animações educacionais.

Objetivo: Promover o aprendizado de habilidades do dia a dia, com ênfase na higiene e hábitos alimentares.

- **GraphoGame. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, (2021).**

O GraphoGame é um jogo eletrônico educacional desenvolvido para aprimorar habilidades fonológicas, sendo uma ferramenta útil para crianças com dificuldades de aprendizagem, como dislexia e discalculia. Esse jogo foi adotado pelo Ministério da Educação no Brasil como suporte aos professores no processo de alfabetização. A Figura 4 exemplifica sua abordagem interativa, que auxilia no reconhecimento de sons e objetos.

Figura 4 - *Interface GraphoGame*



Fonte: GraphoGame, (2024).

Tecnologia Utilizada: *Software* educacional interativo, focado em fonologia.

Objetivo: Auxiliar na alfabetização de crianças, focado em habilidades fonológicas e fonéticas.

- **Sea Hero Quest. Wikipedia, (2024).**

Sea Hero Quest é um jogo eletrônico de quebra-cabeça que foi desenvolvido para ajudar na pesquisa científica relacionada à demência. Ao jogar, os usuários ajudam a coletar dados sobre como as pessoas navegam em ambientes tridimensionais, uma das primeiras habilidades cognitivas afetadas pela doença. Conforme ilustrado na Figura 5, o jogo apresenta uma *interface* imersiva do jogo.

Figura 5 - *Interface* Sea Hero Quest



Fonte: Wikipedia, (2024).

Tecnologia Utilizada: Plataforma de jogos móveis, gráficos 3D.

Objetivo: Contribuir para a pesquisa sobre demência, enquanto os jogadores aprimoraram suas habilidades de navegação.

Esses trabalhos reforçam a importância dos jogos sérios na educação especial, ao mesmo tempo que evidenciam a necessidade de abordagens inovadoras, como a desenvolvida. Embora jogos digitais como APAE Games e GraphoGame ofereçam recursos valiosos para a educação especial, sua dependência de interfaces virtuais limita o acesso a crianças com dificuldades motoras ou sensoriais.

Este trabalho se diferencia ao propor uma solução em hardware físico, que elimina a necessidade de telas e proporciona interação tangível, uma abordagem ainda pouco explorada na literatura, mas essencial para inclusão efetiva.

3 PROJETO DO JOGO ELETRÔNICO

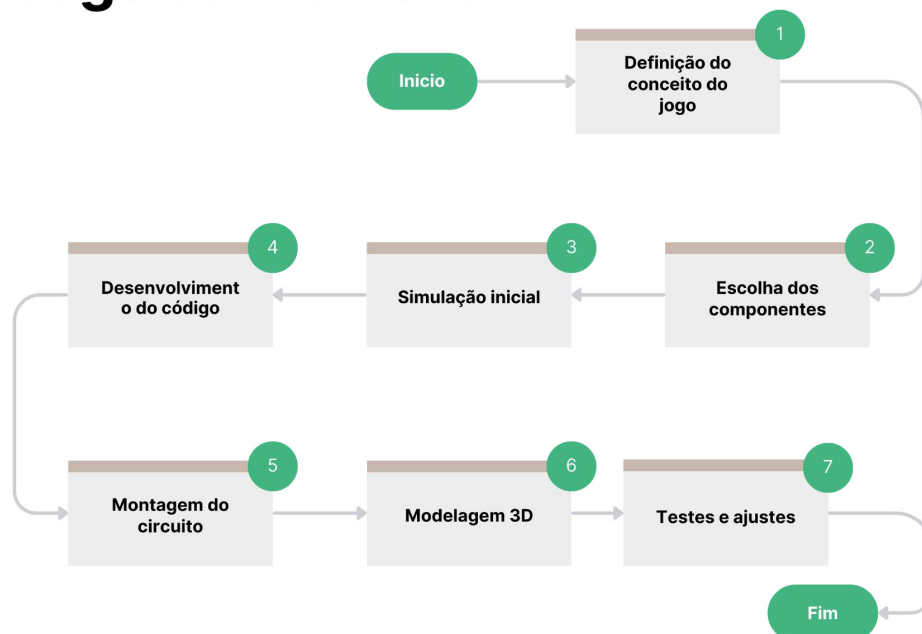
Este capítulo apresenta o desenvolvimento do jogo sério eletrônico, o Jogo da Memória. São descritos os processos envolvidos na construção do projeto, desde as simulações iniciais até a implementação física do sistema, com as conexões dos componentes eletrônicos e imagens do sistema.

3.1. Desenvolvimento do Projeto

O jogo sério eletrônico desenvolvido foi um jogo da memória, projetado utilizando a plataforma Arduino Mega, integrando diversos componentes eletrônicos para criar um sistema interativo. O processo de desenvolvimento seguiu as seguintes etapas:

Figura 6 - Desenvolvimento jogo da memória.

Desenvolvimento Jogo da memória



Fonte: Adaptado do canvas (2024).

O desenvolvimento do jogo seguiu uma sequência estruturada de etapas para garantir a funcionalidade e acessibilidade da solução. Inicialmente, foi feita a definição do conceito do

jogo, determinando a mecânica baseada na memorização de sequências luminosas. Em seguida, foi realizada a escolha dos componentes, incluindo Arduino, *LEDs*, botões, *display* LCD e resistores, garantindo a viabilidade do projeto.

Antes da montagem física, foi feita uma simulação inicial utilizando a plataforma *Tinkercad* para testar o funcionamento do circuito e validar a lógica do código. Após a validação, seguiu-se para a montagem do circuito, onde os componentes foram conectados em uma *protoboard* seguindo o diagrama elétrico planejado.

Com a parte física montada, iniciou-se o desenvolvimento do código, programando o Arduino para gerenciar as interações do jogo de forma eficiente. Paralelamente, foi realizada a modelagem 3D, projetando a estrutura física do jogo em *software* especializado, garantindo um *design* organizado e acessível para os usuários.

Por fim, o sistema passou pela fase de testes e ajustes, onde foram avaliadas a jogabilidade e a resposta dos usuários, permitindo a identificação e correção de possíveis falhas antes da finalização do projeto.

3.2. Componentes Eletrônicos do Projeto

Para o desenvolvimento do jogo sério proposto, foram selecionados componentes eletrônicos essenciais para a implementação da dinâmica interativa.

- **Arduino Mega:** Microcontrolador utilizado para gerenciar as interações do jogo.
- **LEDs:** Elementos fundamentais para fornecer o *feedback* visual ao usuário.
- **Relés:** Componente necessário para acionar as lâmpadas do jogo.
- **Botões:** Sensores de entrada para permitir a interação do jogador com o sistema.
- **Buzzer:** Emissor de sinais sonoros para reforçar respostas durante o jogo.
- **Display LCD 16x2:** Componente utilizado para exibir informações relevantes ao jogador durante o jogo.
- **Potenciômetro:** Utilizado para controle do contraste do *display* LCD.
- **Resistores e Protoboard:** Componentes auxiliares para conexões e controle de corrente no circuito.

A interação desses elementos visa proporcionar uma experiência interativa e acessível, favorecendo o aprendizado e o desenvolvimento cognitivo dos participantes. A seleção dos componentes foi realizada com base na disponibilidade, facilidade de uso e custo-benefício, garantindo a viabilidade do projeto. O *buzzer* foi utilizado para o jogo ser acessível também

para pessoas cegas. A opção por lâmpadas e botões foi para facilitar o aperto e a lâmpada sinalizadora grande para ser mais chamativo e o jogador ter mais atenção no jogo.

3.3. Conexão dos Componentes

Os componentes foram conectados da seguinte maneira:

- **Arduino:** Microcontrolador responsável pelo processamento do jogo.
- **LEDs:** Emitem sinais luminosos para indicar as sequências que deveriam ser memorizadas.
- **Botões:** Utilizados pelos jogadores para reproduzir as sequências de luz.
- **Display LCD:** Exibe mensagens de orientação e pontuação para os jogadores.
- **Protoboard e Resistores:** utilizados para organização e controle de corrente no circuito.

Inicialmente, o circuito foi testado no *tinkercad*, permitindo ajustes na programação e na configuração dos componentes sem a necessidade de montagem física imediata. Nessa fase, foram utilizados botões e LED para simulação. Após validação na simulação, o circuito foi montado em uma *protoboard* para testes práticos. A modelagem 3D do jogo também foi elaborada para prever o posicionamento físico dos componentes e facilitar a montagem final. A programação do Arduino utilizou a linguagem baseada em C++ com a IDE oficial do Arduino.

3.4. Lógica e funcionamento do jogo

O propósito e a lógica do funcionamento do jogo é de fácil intuição, para que facilite a interação dos alunos. Assim a programação do jogo foi feita para seguir uma sequência lógica,

1. Geração de uma sequência aleatória de LEDs:

- O jogo inicia com um único LED piscando aleatoriamente.
- Conforme o jogador acerta, o número de LEDs na sequência aumenta, tornando o desafio mais difícil progressivamente.

2. Exibição da sequência para o jogador:

- O arduino controla a exibição dos LEDs, com o tempo em que cada LED fica aceso ou apagado.

- O LCD exibe informações da quantidade de acertos.

3. Interação com o jogador:

- Após a exibição da sequência, os *LEDs* apagam e o usuário precisa reproduzir corretamente a sequência pressionando botões correspondentes.

4. Validação da resposta:

- Se o usuário acertar a sequência, o jogo avança para um novo nível, adicionando mais um LED à sequência.
- Caso o jogador erre, uma mensagem é exibida no LCD, informando que ele errou a sequência.

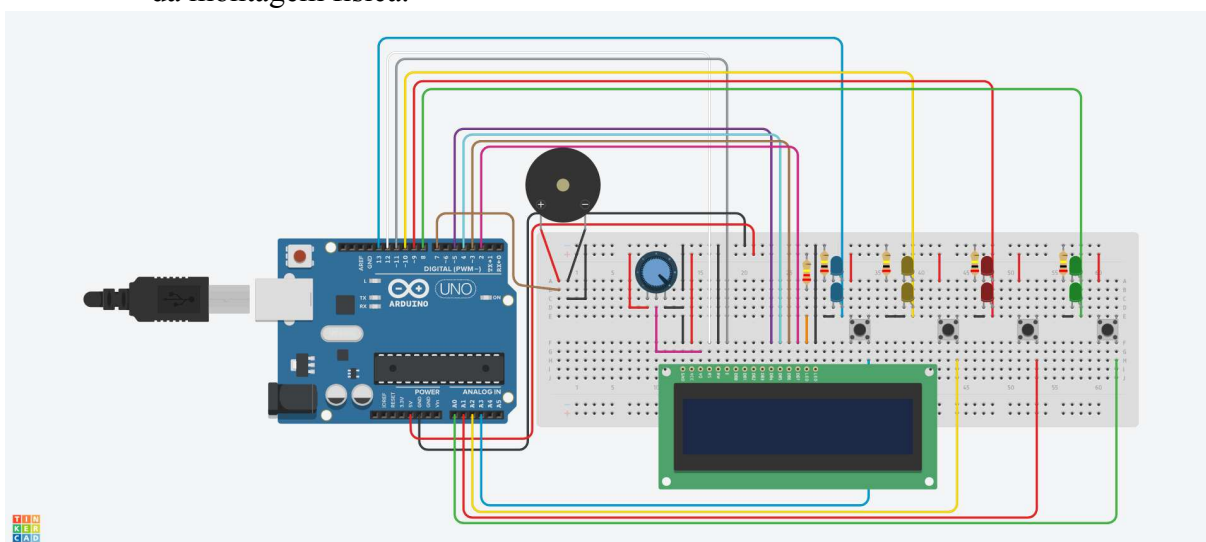
5. Finalização do jogo:

- O jogo continua aumentando a dificuldade com mais *LEDs* à medida que o jogador acerta.
- O jogo pode ser finalizado quando o jogador errar ou decidir parar.

3.5. Imagens do Projeto

A Figura 7 ilustra a imagem do circuito montado e em funcionamento, incluindo capturas de tela das simulações no *Tinkercad* e do modelo 3D e da *interface* do jogo em operação:

Figura 7 - Simulação do circuito no *Tinkercad*, validando o funcionamento do sistema antes da montagem física.

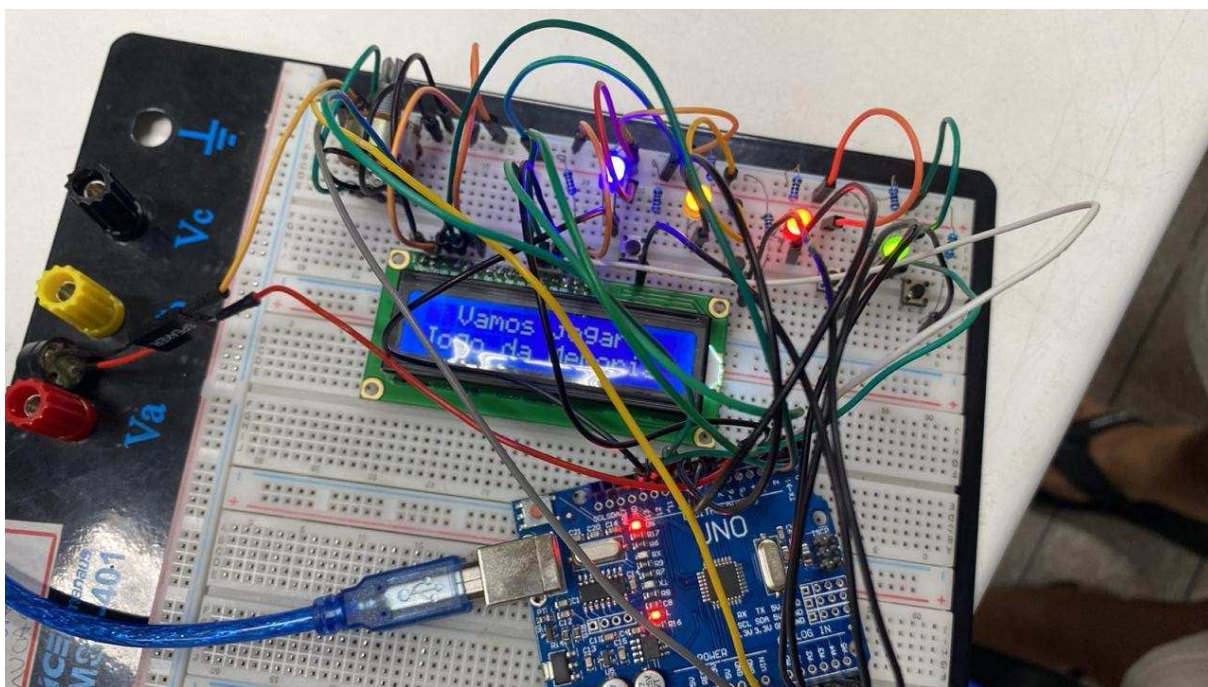


Fonte: Adaptado do software Tinkercad, (2024).

Antes da montagem física do circuito, foi realizada uma simulação no *Tinkercad* (figura 7) para verificar se todos os componentes estavam operando corretamente e se o

código desenvolvido atendia aos requisitos do jogo. A simulação permitiu testar a resposta dos *LEDs*, a interação dos botões e a exibição de mensagens no *display* LCD. Além disso, essa etapa foi essencial para detectar e corrigir possíveis falhas na lógica do código ou na configuração dos componentes, reduzindo o risco de erros durante a implementação prática. Com essa abordagem, foi possível otimizar o *design* do circuito, garantindo um desempenho eficiente na montagem final. A Figura 8 ilustra a montagem física do sistema em *proto*board.

Figura 8 - Circuito eletrônico do jogo montado na *proto*board, com componentes conectados ao Arduino Uno.



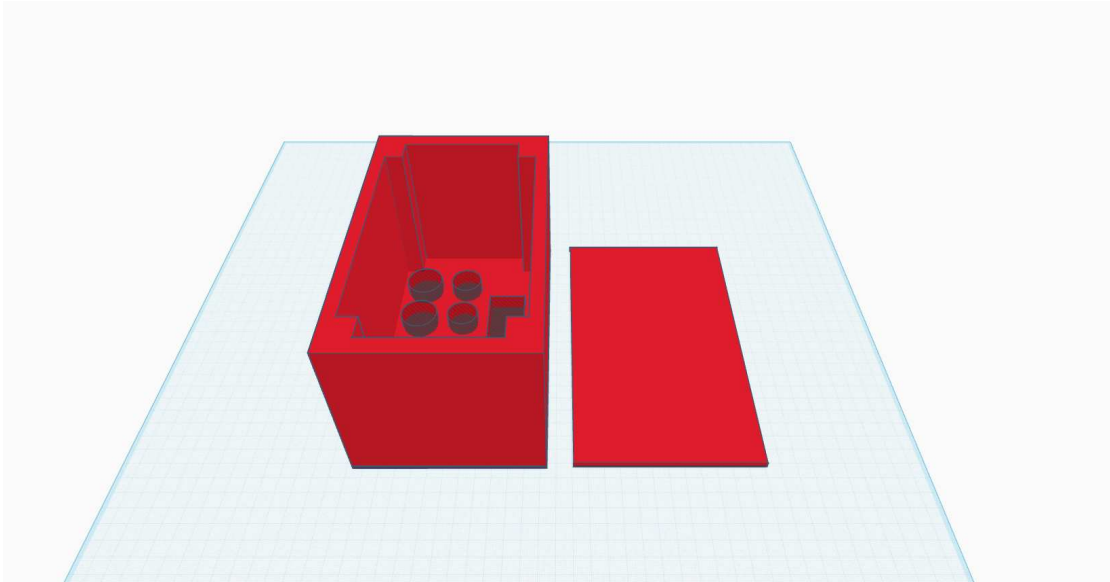
Fonte: Arquivo pessoal, (2024).

De acordo com a figura 8, é possível visualizar a disposição dos componentes eletrônicos que compõem o sistema do jogo. O circuito foi montado sobre uma *proto*board para facilitar a interconexão dos elementos e permitir ajustes durante os testes. Entre os principais componentes, destacam-se a plataforma Arduino Uno, que gerencia as operações do jogo, um conjunto de *LEDs* responsáveis por indicar as sequências de jogo, botões para interação do usuário e um *display* LCD que exibe informações e instruções. A montagem seguiu fielmente o esquema elétrico previamente planejado, garantindo o correto funcionamento do jogo.

Após isso, foi pensado na modelagem 3D do jogo físico para transformá-lo em um produto mínimo viável para realização dos testes com os usuários da APAE. A Figura 08 ilustra a modelagem realizada a ser impressa na impressora GTMAX 3D instalada no

laboratório de automação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido Campus Pau dos Ferros.

Figura 9 - Modelagem 3D do protótipo do jogo, demonstrando o posicionamento físico dos componentes.



Fonte: Adaptado do software Tinkercad, (2024).

Para aprimorar a organização dos componentes e prever a disposição física do jogo, foi criada uma modelagem 3D do protótipo (figura 9). Esse modelo permitiu visualizar a estrutura que abrigaria os elementos eletrônicos, garantindo que cada um fosse posicionado de forma acessível e ergonômica para os jogadores. Além de auxiliar na estética e funcionalidade do projeto, a modelagem 3D ajudou a antecipar ajustes na estrutura, como dimensões da carcaça, fixação dos botões, lâmpadas e disposição do *display* LCD, contribuindo para uma melhor experiência do usuário. Na Figura 10, apresenta a disposição final dos componentes na estrutura modelada.

Figura 10 - *Interface* do jogo eletrônico montado.



Fonte: Arquivo pessoal, (2024).

Nas imagens da figura 10 observa-se a base do jogo eletrônico já pré-montada após o processo de impressão 3D. A estrutura foi cuidadosamente projetada para abrigar os componentes eletrônicos de forma compacta e organizada, oferecendo um espaço adequado para o circuito, os botões, lâmpadas e o *display* LCD. A impressão 3D garante precisão na criação dos encaixes para cada peça e ajudou a visualizar de maneira mais clara a disposição dos componentes dentro da caixa. Nesta etapa, o único passo restante é inserir o circuito montado dentro da estrutura, ajustando os componentes eletrônicos nas posições previstas. A base 3D oferece não apenas funcionalidade, mas também uma estética refinada, preparando o protótipo para a fase final de integração e testes. Esse modelo finalizado assegura que o jogo será ergonômico e de fácil manuseio para os jogadores, além de ser robusto o suficiente para suportar o uso contínuo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do jogo da memória desenvolvido, bem como uma análise dos dados coletados e das dificuldades observadas durante a atividade. O experimento foi realizado com os usuários da APAE de Pau dos Ferros, que atualmente conta com 25 alunos matriculados. No entanto, apenas 17 frequentam regularmente as aulas, e no dia da aplicação do jogo da memória, 13 usuários estavam presentes para a coleta dos resultados.

A diversidade no perfil dos participantes possibilita uma análise abrangente sobre a usabilidade do jogo da memória, considerando diferentes níveis de cognição e interação. Essa heterogeneidade contribui para avaliar a efetividade da tecnologia assistiva no desenvolvimento cognitivo desses usuários.

O jogo foi aplicado com 13 usuários no dia 20 de março de 2025. Os 13 usuários que participaram da aplicação do jogo da memória possuem diferentes diagnósticos. O quadro 1 detalha o perfil individual de cada participante, conforme descrito em seus respectivos laudos médicos, evidenciando a abrangência da amostra em termos de condições cognitivas e motoras.

Quadro 1 - Descrição do laudo médico de cada usuário.

Usuários	Laudos médicos
Usuário 01	Síndrome de Down
Usuário 02	Deficiência Intelectual
Usuário 03	Síndrome de Down
Usuário 04	Deficiência Intelectual
Usuário 05	Deficiência Intelectual
Usuário 06	Deficiência Intelectual
Usuário 07	Transtorno do Espectro Autista
	Continua

	Continuação
Usuário 08	Transtorno do Espectro Autista
Usuário 09	Síndrome de Down
Usuário 10	Deficiência Intelectual
Usuário 11	Síndrome de Down
Usuário 12	Síndrome de Down
Usuário 13	Síndrome de Down

Fonte: Autoria própria, (2024).

Antes desse dia, foram realizadas atividades relacionadas ao jogo para estimular e reconhecer cores, além de permitir que o autor do trabalho tivesse maior proximidade com os usuários. Até a realização da aplicação do jogo, foram realizados três encontros anteriores, um em cada semana.

Antes da aplicação do jogo, foi conduzida uma avaliação inicial para introduzir os participantes às cores que seriam utilizadas no jogo. Essa etapa foi essencial para que eles se familiarizassem previamente com os estímulos visuais e reduzissem dificuldades relacionadas ao reconhecimento das cores. A avaliação diagnóstica inicial, como apontado por Santos e Almeida (2009), é um procedimento importante para conhecer as habilidades e dificuldades de aprendizagem dos alunos, permitindo a adaptação da atividade às suas necessidades específicas.

Cada aluno jogou três rodadas do jogo da memória, não sendo suficiente para uma avaliação precisa, mas permitiu tirar breves conclusões ao avaliar as evoluções ao longo das tentativas. A escolha de múltiplas tentativas está alinhada com a ideia de que o desenvolvimento da memória e da atenção pode ser promovido através de repetição e de prática, como sugerido por Baddeley (1997) em sua teoria sobre os sistemas de memória. Durante a atividade, foi possível observar diferenças individuais na capacidade de concentração, memorização e no reconhecimento das cores, fatores que também influenciaram no desempenho. Essas diferenças podem ser analisadas à luz da teoria da mente, proposta por Baron-Cohen (2000), que discute como indivíduos com TEA podem ter dificuldades em compreender e processar informações relacionadas a aspectos sociais e

cognitivos, o que pode impactar diretamente seu desempenho em atividades como o jogo da memória.

Em relação aos indivíduos com Síndrome de *Down*, as dificuldades observadas podem ser compreendidas através da teoria de desenvolvimento de aprendizagem de Conners e Magill-Evans (2007), que apontam para desafios específicos na memória de trabalho e no processamento de informações visuais, comuns em indivíduos com essa condição. O uso do jogo da memória, portanto, se confirma como uma estratégia para estimular essas habilidades de forma lúdica e acessível.

4.1. Análise dos Resultados

A seguir, são apresentadas imagens das diferentes etapas do experimento realizado na APAE de Pau dos Ferros. As imagens demonstram desde a atividade inicial de reconhecimento de cores até a execução do jogo sério eletrônico. Para aplicação do jogo, primeiramente foram realizadas atividades iniciais de reconhecimento de cores, pois o jogo desenvolvido, além de estimular a memória, pode-se trabalhar o reconhecimento de cores.

A avaliação do jogo foi baseada em três principais critérios;

- **Memória:** Analisamos se os alunos conseguiam memorizar e repetir corretamente as sequências luminosas.
- **Atenção:** Observamos se o jogo era capaz de manter o foco dos alunos durante a atividade.
- **Interatividade:** Avaliamos a facilidade com que os alunos conseguiam interagir com o jogo e responder corretamente aos desafios propostos.

Antes da aplicação do jogo, foi realizada uma atividade para ajudar os usuários a se familiarizar com as cores que seriam utilizadas nas lâmpadas do projeto. Para isso, foram usados LED e massinha de modelar, permitindo que os usuários manipulassem os materiais e observassem o acendimento dos *LEDs*. Essa prática foi muito importante e chamou a atenção de todos. A Figura 11 ilustra como foi realizada essa atividade.

Figura 11 - Materiais utilizados na atividade inicial, reconhecimento inicial das cores com *LEDs* e massinha de modelar, alunos identificando e nomeando as cores dos *LEDs*.



Fonte: Arquivo pessoal, (2024).

Nas imagens da figura 11, os alunos investigam a relação entre a massinha condutiva e os *LEDs*, observando as cores e compreendendo como eles acendem ao serem conectados a uma bateria de 9V. Durante a atividade, foram incentivados a nomear as cores dos *LEDs* acesos, reforçando o aprendizado visual e tátil. Após essa experiência de introdução, eles participaram do jogo da memória, no qual precisavam memorizar e reproduzir sequências luminosas em um jogo sério eletrônico, onde as cores já teriam sido abordadas na experiência introdutória.

Figura 12 - Explicação do Funcionamento do jogo para os alunos.



Fonte: Arquivo pessoal, (2024).

Como observamos na figura 12 ilustrando o momento inicial em que os participantes recebem orientações sobre como jogar, incluindo a importância da atenção e memorização das cores. Na Figura 13, pode-se observar os usuários interagindo com o jogo.

Figura 13 - Usuários interagindo com o jogo.



Fonte: Arquivo pessoal, (2024).

As imagens da figura 13 mostram os usuários concentrados enquanto interagem com o jogo sério eletrônico. Eles observam atentamente as sequências e utilizam sua memória para reproduzi-las corretamente.

Durante a atividade, é possível perceber expressões de curiosidade e engajamento, refletindo a imersão no desafio proposto. O ambiente é dinâmico, com participantes explorando as cores e os padrões do jogo de forma lúdica e educativa.

4.2. Discussão

Mesmo com a preparação para o jogo, alguns usuários ainda apresentaram dificuldades para identificar e diferenciar as cores, o que impactou no seu desempenho. Isso foi especialmente observado em usuários que tiveram pontuações mais baixas, que demonstraram confusão ao associar as cores às sequências do jogo. Isso pode ser explicado pela teoria de Vygotsky (1998) sobre o desenvolvimento das funções cognitivas, que sugere que, embora a familiarização com estímulos visuais seja importante, ela precisa ser reforçada através de práticas repetitivas para que a associação entre estímulos (como cores) e ações (como escolhas no jogo) seja consolidada na memória.

Além disso, o conceito de aprendizagem associativa (Piaget, 1976) pode ajudar a compreender a dificuldade de alguns alunos em estabelecer a conexão entre cores e sequências. A aprendizagem de associações simples entre estímulos e respostas ocorre de maneira mais eficiente quando o aluno já possui um contexto prévio ou uma base sólida de experiência com esses estímulos. No caso de alunos com dificuldades de percepção ou memória visual, como os observados, o processo de associação pode ser mais lento e exigir mais reforço.

Ao analisar os resultados, percebe-se que alguns usuários conseguiram melhorar seu desempenho com a prática. Por exemplo, o usuário 03, que começou com zero acertos, mas conseguiu evoluir gradualmente até atingir quatro acertos na terceira tentativa. O usuário 11 seguiu um padrão semelhante, melhorando progressivamente a cada rodada. Isso indica que, para alguns participantes, a repetição e a exposição contínua ao jogo contribuíram para um melhor desenvolvimento da memória e da atenção. A teoria de memória de trabalho de Baddeley (1997) sugere que a repetição de tarefas pode melhorar a capacidade de retenção de informações, o que pode explicar essa evolução no desempenho.

Por outro lado, alguns alunos mantiveram um desempenho estável ao longo das tentativas, como o usuário 12, que acertou três respostas em todas as rodadas. Esse padrão

pode sugerir que sua capacidade de memorização não variou com a repetição da tarefa, o que pode ser um reflexo de uma memória de trabalho mais estável ou de limitações no processo de aprendizagem (Piaget, 1976).

Já outros alunos apresentaram um desempenho irregular ou decrescente. O usuário 02, por exemplo, começou bem, mas sua quantidade de acertos diminuiu a cada tentativa. Esse tipo de resultado pode estar relacionado a dificuldades em manter a concentração e o foco ao longo do jogo, possivelmente por fadiga, desinteresse ou fatores emocionais. Segundo a teoria de motivação de Dweck (2006), a percepção de um desafio pode afetar a motivação do indivíduo, o que, por sua vez, pode influenciar sua capacidade de se concentrar e manter o desempenho ao longo do tempo.

Outro fator observado foi a influência da capacidade de concentração no desempenho dos alunos. Alguns participantes tiveram dificuldades em manter o foco na atividade, o que impactou diretamente sua pontuação. Isso foi evidenciado nos casos dos usuários 04, 09 e 10, cujas pontuações foram consistentemente baixas ou diminuíram ao longo do tempo. A atenção é um fator fundamental para o sucesso em atividades de memorização, como discutido por Baddeley (1997), que propôs que a atenção e a memória de trabalho estão intimamente relacionadas. A capacidade de manter o foco na tarefa é crucial para processar e armazenar informações de maneira eficaz. Além disso, Posner e Rothbart (2007) afirmam que dificuldades em manter a atenção durante atividades cognitivas podem ser atribuídas a variações individuais nas redes de controle executivo do cérebro, que são responsáveis pela atenção sustentada.

Outro ponto relevante foi a possível relação entre o desempenho no jogo e a familiaridade com dispositivos eletrônicos, especialmente celulares e *tablets*. Alguns usuários que tiveram um alto número de acertos em todas as tentativas já possuíam contato frequente com esses dispositivos, o que pode ter contribuído para sua rápida adaptação à dinâmica do jogo, facilitando sua memorização. O uso de tecnologia tem sido associado a uma melhoria nas habilidades cognitivas de memorização visual, pois muitos jogos eletrônicos exigem atenção e processamento de estímulos visuais rápidos. Greenfield (2017) sugere que o uso regular de dispositivos digitais pode aprimorar a percepção visual e habilidades de multitarefa, fatores que influenciam diretamente o desempenho em tarefas como o jogo da memória.

Essa observação também pode ser correlacionada com as ideias de Palfrey e Gasser (2008), que discutem a alfabetização digital e a maneira como o uso de tecnologias móveis

pode favorecer a adaptação a novas formas de estímulos cognitivos, tornando os alunos mais ágeis no processamento de informações.

A seguir, apresenta-se um quadro com os resultados individuais, correspondendo à quantidade de acertos em cada uma das três tentativas, além de cada laudo em específico de cada usuário em particular e as observações feitas:

Quadro 2 - Observações dos usuários.

Usuário	Tentativa 01	Tentava 02	Tentativa 03	Observações
Usuário 01	03 acertos	06 acertos	03 acertos	Melhorou na segunda tentativa, retornando à média na terceira, aluno com familiaridade com estímulos digitais, como o uso do celular.
Usuário 02	04 acertos	02 acertos	01 acertos	Apresentou queda no desempenho, sugerindo possível falta de concentração.
Usuário 03	0 acertos	02 acertos	04 acertos	Evolução significativa, demonstrando melhora após a primeira tentativa.
Usuário 04	02 acertos	01 acertos	01 acertos	Desempenho consistente baixo, possivelmente por dificuldades de concentração.
Usuário 05	06 acertos	05 acertos	06 acertos	Alto desempenho, possivelmente associado à maior familiaridade com estímulos digitais, como o uso do celular.
Usuário 06	02 acertos	03 acertos	02 acertos	Oscilação leve, mantendo uma média baixa, com possível influência de distrações.
Usuário 07	05 acertos	04 acertos	04 acertos	Bom desempenho inicial com uma leve redução, mantendo uma média satisfatória.
Usuário 08	02 acertos	02 acertos	03 acertos	Pequena evolução na terceira tentativa, porém com desempenho ainda modesto
Usuário 09	01 acertos	01 acertos	0 acertos	Desempenho consistentemente baixo, possivelmente devido à baixa concentração.
Usuário 10	1 acertos	02 acertos	0 acertos	Resultados instáveis, sugerindo dificuldade em manter o foco.
Usuário 11	01 acertos	02 acertos	04 acertos	Evolução notável na terceira tentativa, indicando que a prática contribuiu para a melhora.
Usuário 12	03 acertos	03 acertos	03 acertos	Desempenho estável, sem variações significativas entre as tentativas.
Usuário 13	01 acertos	01 acertos	02 acertos	Leve melhora na terceira tentativa, mas mantendo uma performance baixa.

Fonte: Autoria própria, (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a aplicação de um jogo sério eletrônico voltado para crianças com Síndrome de *Down* (SD) e Transtorno do Espectro Autista (TEA), buscando estimular a memória, a concentração e a percepção visual por meio da repetição de sequências luminosas. A pesquisa foi realizada na APAE de Pau dos Ferros, com participação de alunos que passaram por um processo de reconhecimento prévio das cores antes da interação com o jogo. Essa etapa inicial, realizada com *LEDs* e massinha de modelar para conduzir a eletricidade, foi essencial para garantir que os participantes estivessem mais preparados para compreender o funcionamento do jogo eletrônico.

O desenvolvimento do projeto seguiu um processo estruturado, que incluiu:

- A simulação inicial no *Tinkercad*, permitindo validar a lógica do código e a configuração dos componentes eletrônicos antes da montagem física.
- A escolha dos componentes adequados, incluindo o Arduino Mega, *LEDs*, Botões e um *display* LCD.
- A montagem do circuito em uma *protoboard*, possibilitando ajustes e testes práticos.
- O desenvolvimento e a implementação do código em *C++*, responsável por gerenciar as interações do jogo.
- A aplicação prática do jogo com os alunos, registrando seus desempenhos e analisando os impactos na memorização e concentração.

Durante a aplicação, observou-se que alguns alunos demonstraram maior facilidade em memorizar as sequências, principalmente aquelas que já possuíam uma exposição prévia a jogos digitais ou ao uso frequente de dispositivos eletrônicos, como celulares e *tablets*. Outros participantes, no entanto, apresentaram dificuldades em manter a atenção ao longo das tentativas, demonstrando a importância de estratégias complementares para melhorar o engajamento. Além disso, foi perceptível que alguns tiveram dificuldades em distinguir as cores, o que está relacionado a desafios na percepção visual ou déficits cognitivos específicos.

Uma das principais limitações encontradas foi a ausência de um *feedback* sonoro, uma vez que o *buzzer* não foi implementado nesta versão do jogo. Acredita-se que a adição desse recurso pode auxiliar os alunos a associarem as sequências não apenas pelas cores, mas também por estímulos auditivos, tornando o jogo cada vez mais acessível para aqueles que possuem maior sensibilidade visual ou dificuldades no reconhecimento de cores.

Com base nos resultados obtidos e nas observações feitas durante a aplicação do jogo, algumas melhorias podem ser implementadas para otimizar a experiência e a eficácia do jogo sério eletrônico:

1. Aprimoramento da *interface* visual e física - Um *design* mais ergonômico e interativo, com botões maiores e um sistema de iluminação mais nítido, pode facilitar a usabilidade do jogo, especialmente para aqueles com dificuldades motoras ou de percepção visual.
2. Personalização do nível de dificuldade - A implementação de diferentes níveis de dificuldade permitiria um aprendizado mais adaptativo, atendendo melhor às necessidades individuais de cada criança. Isso poderia incluir sequências mais curtas para iniciantes e desafios mais complexos para aqueles que demonstram maior facilidade.
3. Expandir para um público maior - A realização de novos testes com um número maior de crianças e em diferentes instituições poderia fornecer dados mais abrangentes sobre os benefícios do jogo na memória, concentração e aprendizado.
4. Integração com outras tecnologias - Futuramente, o jogo poderia ser integrado a uma plataforma digital, permitindo que os professores ou terapeutas acompanhem os progressos dos alunos e personalizem a experiência de aprendizado conforme suas necessidades.

A experiência adquirida com este projeto demonstrou que os jogos sérios eletrônicos podem ser ferramentas valiosas no desenvolvimento cognitivo e motor. A abordagem lúdica, aliada ao uso de estímulos visuais e interativos, mostrou-se eficaz para trabalhar aspectos como memorização, reconhecimento de padrões e foco atencional.

Embora algumas dificuldades tenham sido observadas, como a falta de concentração de alguns alunos e as dificuldades no reconhecimento das cores, os resultados indicam que a proposta é viável e pode ser aprimorada com as sugestões mencionadas. A personalização do nível de dificuldade e a adaptação da *interface* física são passos importantes para tornar o jogo ainda mais eficiente e acessível.

Por fim, este trabalho reforça a importância da tecnologia assistiva no processo educacional e terapêutico de crianças com necessidades especiais, oferecendo alternativas inovadoras que estimulam o aprendizado de maneira inclusiva e divertida.

REFERÊNCIAS

- BANZI, M. Getting Started with Arduino. 2nd ed. O'Reilly Media, 2011.
- BADDELEY, A. Human memory: theory and practice. Allyn & Bacon, 1997.
- BARON-COHEN, S. The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 4, n. 9, p. 248-254, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01516-1](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01516-1).
- BRASIL. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>.
- CONNERS, F. A.; MAGILL-EVANS, J. Memory in children with Down syndrome: implications for working memory and learning. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, v. 20, n. 3, p. 234-243, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1468-3148.2007.00356.x>.
- DETERDING, S.; DIETER, M.; NACKO, S.; O'HARA, K. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, p. 2425-2428, 2011.
- DIAMOND, A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, v. 64, p. 135-168, 2013.
- DWECK, C. S. Mindset: a nova psicologia do sucesso. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2006.
- FUNDAÇÃO CATARINENSE DE EDUCAÇÃO ESPECIAL. (s.d.). Uso dos jogos sérios no Atendimento Educacional Especializado. Recuperado de <https://www.fcee.sc.gov.br/downloads/biblioteca-virtual/educacao-especial/temas-gerais/937-uso-dos-jogos-serios-no-atendimento-educacional-especializado/file>.
- GARCIA, D. S.; ALMEIDA, M. R. Interatividade e inclusão: o papel dos jogos digitais na aprendizagem de crianças com TEA. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 25, n. 2, p. 98-115, 2020.
- GONÇALVES, D. et al. Uso do Tinkercad para ensino de eletrônica e programação. *Anais do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*, 2019.
- HYDE, M., SCOTT-SLADE, M., SCOTT-SLADE, H., HORNBERGER, M., SPIERS, H., DALTON, R., HOELSCHER, C., WIENER, J., & BOHBOT, V. Sea Hero Quest: The World's first mobile game where anyone can help scientists fight dementia. *Glitchers*, 2016. Recuperado de [https://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/sea-hero-quest\(0bdfa110-17c9-4ea1-911d-ca0809530ea5\).html](https://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/sea-hero-quest(0bdfa110-17c9-4ea1-911d-ca0809530ea5).html).
- LIMA, F. S.; COSTA, R. P. Jogos educativos no desenvolvimento cognitivo de crianças com deficiência. *Revista de Psicopedagogia*, v. 30, n. 1, p. 12-28, 2022.
- LIMA, M. M.; SILVA, T. H. APAE Games: Um jogo digital como ferramenta de aprendizagem para crianças com deficiência intelectual, 2018. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/328346630_APAE_GAMES_Um_jogo_digital_com_o_ferramenta_de_aprendizagem_para_crianças_com_deficiência_intelectual.

LIVINGSTONE, S. et al. Digital literacy and cognitive adaptability in children with intellectual disabilities: Evidence from tangible interfaces. *Journal of Educational Technology*, v. 18, n. 2, p. 45-67, 2023.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 2018.

MARTINS, E.; OLIVEIRA, F.; SOUZA, G. Jogos educativos como ferramenta de inclusão: impactos na concentração, coordenação motora e raciocínio lógico de crianças com deficiência. *Revista de Educação Especial*, v. 34, n. 2, p. 123-138, 2021.

MARTINS, T. A. et al. A influência dos jogos digitais na socialização e aprendizagem de crianças com Transtorno do Espectro Autista. *Anais do Congresso Nacional de Tecnologia Assistiva*, 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. (s.d.). GraphoGame: Aplicativo de Apoio à Alfabetização. Recuperado de <https://alfabetizacao.mec.gov.br/grapho-game>.

NASCIMENTO, A. G. R., SILVA, B. A., GOMES, G. M., FÉLIX, Z. C., SOUZA, E. P., SOUZA JÚNIOR, J. A., ARAÚJO, L. G. S. A., & MAGALHÃES, E. (2024). Adrie: Um serious game imersivo para potencializar as habilidades cognitivas de pessoas com deficiência intelectual. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Recuperado de <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31449>.

OLIVEIRA, R. S.; SOUZA, T. A. A aplicação do Arduino no ensino de ciências e matemática. *Revista de Tecnologia e Educação*, v. 9, n. 2, p. 35-50, 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Assistive technology, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>.

PIAGET, J. A psicologia da criança. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1976.

RAMOS, V.; PEREIRA, L. A impressão 3D e sua contribuição para a acessibilidade. *Revista de Tecnologia e Inovação*, v. 5, n. 1, p. 18-32, 2018.

SANTOS, A. P.; ALMEIDA, R. M. Avaliação psicopedagógica: teorias, práticas e intervenções. Petrópolis: Editora Vozes, 2009.

SILVA, A. L.; FERREIRA, J. P. Recursos assistivos na educação inclusiva: impactos e desafios. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 26, n. 3, p. 423-440, 2020.

VASCONCELOS, D. F. P. (2018). Aprendendo com Tarefas: jogo sério para auxílio na alfabetização de crianças com deficiência intelectual (Dissertação de Mestrado). *Universidade Federal de Uberlândia*, Uberlândia, MG, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23039>.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1998.