

# Gamificação para Aquisição de Habilidades Matemáticas Estimulação das Habilidades Geométricas em Crianças com Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico

Gustavo Gomes de Souza<sup>1</sup>, Rosilane Ribeiro da Mota<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ciência da Computação – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG)  
Belo Horizonte, MG – Brasil

gustavogomess561@gmail.com

**Resumo.** Crianças com algum Distúrbio no Desenvolvimento Neurológico, como aquelas que possuem Deficiência Intelectual e TEA (Transtorno do Espectro Autista), precisam de atenção especial no desenvolvimento de suas habilidades mentais e cognitivas. Estes distúrbios causam limitações em habilidades como raciocínio lógico e resolução de problemas, requerendo estímulo para o desenvolvimento destas. Durante as pesquisas realizadas, pôde-se observar que encontrar soluções voltadas para este público é uma tarefa complicada, o que sugere que existem poucos trabalhos com foco no público com DDN. Portanto, buscando ser um aditivo a essa quantidade de soluções e ao suporte ao público alvo, este trabalho desenvolveu um jogo sério com foco educativo a fim de estimular habilidades relacionadas à identificação e comparação das propriedades dos objetos. Com base nos resultados dos testes, conclui-se que a solução desenvolvida é capaz de estimular as habilidades propostas. A aplicação tem um grande potencial de evolução, se forem aumentadas a bateria de tarefas trabalhando o mesmo conceito e a quantidade de habilidades estimuladas.

**Palavras-chave:** Educação Especial; Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico; Deficiência Intelectual; Neurodiversidade; Jogo digital; Crianças; Especialistas.

**Abstract.** Children with Neurodevelopmental Disorders, such as those with Intellectual Disability and Autism Spectrum Disorder (ASD), require special attention in the development of their mental and cognitive abilities. These disorders cause limitations in skills such as logical reasoning and problem-solving, necessitating stimulation for their development. During the conducted research, it was observed that finding solutions aimed at this audience is a challenging task, suggesting a scarcity of works focused on the population with Neurodevelopmental Disorders. Therefore, aiming to contribute to the existing solutions and support the target audience, this study developed a serious educational game to stimulate skills related to object identification and comparison of properties. Based on the test results, it can be concluded that the developed solution is capable of stimulating the proposed skills. The application has great potential for further evolution by expanding the range of tasks working on the same concept and increasing the number of stimulated skills.

**Keywords:** Special Education; Neurodevelopmental Disorders; Intellectual Disability; Neurodiversity; Digital Game; Children; Specialists.

## 1. Introdução

A proposta de neurodiversidade defende que as diferenças neurológicas, que caracterizam as pessoas como neurodivergentes, sejam consideradas como uma característica humana e não como doenças ou deficiências a serem curadas, ou tratadas (BOLSONI; MACUCH; BOLSONI, 2021). De acordo com esse conceito, todos os cérebros funcionam de maneira divergente, no entanto, existem aqueles que possuem um desenvolvimento considerado *normal* pela sociedade, chamados de neurotípicos, e aqueles que possuem um desenvolvimento atípico, chamados de neuroatípicos (YONESHIGUE, 2022).

Na área da saúde, mais especificamente no campo da inclusão e apoio a pessoas neurodivergentes, as soluções tecnológicas têm sido mais exploradas nos últimos anos. Ademais, segundo o projeto Neurodiversidade no Trabalho, da Universidade Stanford, cerca de 15 a 20% da população mundial é considerada neurodiversa (SESAY, 2022). A Organização Mundial da Saúde (ORGANIZATION, 2021) estima que cerca de 1 em cada 100 crianças em todo o mundo tenha Transtorno do Espectro Autista (TEA) e estima-se que aproximadamente 50% das pessoas com autismo também possuam deficiência intelectual. Com base na pesquisa de soluções com foco em crianças com DDNs (Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico) existentes realizada neste TCC (*Trabalho de Conclusão de Curso*), comparando o número de pessoas neurodiversas com a quantidade de soluções tecnológicas encontradas voltadas a esse público, pode-se dizer que esta quantidade ainda é baixa.

Dada esta parcela significativa de indivíduos neurodiversos na população mundial, é crucial o avanço de tecnologias que apoiem esses indivíduos, promovendo sua inclusão adequada e facilitando o desenvolvimento de suas habilidades intelectuais e cognitivas na sociedade. Com o intuito de alcançar esse objetivo, esta pesquisa busca estimular habilidades matemáticas relacionadas à identificação e comparação das propriedades dos objetos, estabelecendo relações entre eles, de forma fluida e, se possível, divertida. O presente *Trabalho de Conclusão de Curso* (TCC) propõe a aplicação desse estímulo em 11 crianças, sendo 4 típicas, 1 com suspeita de DDN e 7 com algum DDN diagnosticado, entre 3 e 7 anos, por meio de um jogo que instrua e avalie seu progresso, utilizando elementos lúdicos para estimular essas habilidades.

Este trabalho é baseado no estudo de Gomes (2022), no qual foi desenvolvida uma metodologia em colaboração com uma pedagoga e uma neuropsicóloga, resultando também na criação de uma ferramenta complementar para mapear o nível de deficiência intelectual de uma criança. A partir desse mapeamento, é necessário estimular a criança nas habilidades que ela deveria ter adquirido. Portanto, o foco deste trabalho é estimular a aquisição dessas habilidades matemáticas esperadas em determinada idade, segundo a escala Denver (ROGERS; DAWSON, 2014) e os objetivos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2018).

Neste TCC, focaremos na identificação e caracterização dos objetos por meio de suas propriedades e das relações entre objetos, habilidade implementada em um jogo com diferentes níveis de dificuldade. A aplicação será desenvolvida para dispositivos móveis, inicialmente para aqueles que utilizam o sistema operacional Android. As ferramentas utilizadas serão a *engine* de jogos Unity e a linguagem de programação C#. Além disso, as imagens, ícones e elementos estéticos utilizados na aplicação foram elaborados pela equipe de arte composta por estudantes do curso de Cinema de Animação da UFMG e do

curso de Sistemas de Informação da PUC-MG.

Ao final deste trabalho, foi possível avaliar que houve melhora nas habilidades das crianças da educação especial, especialmente aquelas com distúrbios no desenvolvimento neurológico. As seções que se seguirão estão estruturadas da seguinte forma: a Seção 2 apresentará uma revisão da literatura, dando uma visão geral sobre estudos que abordam temas semelhantes ao abordado no presente estudo. Em seguida, na Seção 3, serão detalhados os métodos e instrumentos utilizados na construção da aplicação, bem como a descrição da implementação do jogo.

Posteriormente, na Seção 4 serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação do jogo nos testes de usabilidade e conhecimento com as crianças, além da avaliação do jogo realizada por especialistas. Por fim, na Seção 5 serão discutidas as principais conclusões do estudo, considerando os objetivos propostos e destacadas possíveis evoluções para o trabalho, visando aperfeiçoar a aplicação e explorar novas oportunidades.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1. Conceitos Gerais**

Esta Seção visa conceituar termos utilizados neste TCC e no referencial teórico, bem como apresentar trabalhos relacionados ao ensino de crianças com Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico (DDNs) fazendo a utilização de jogos para tal.

O primeiro termo a ser definido será o de Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico por ser o foco deste trabalho. Os Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico (DDNs) referem-se a condições em que ocorrem dificuldades no desenvolvimento em diversas áreas durante a infância, tais como linguagem, habilidades motoras, comunicação, interação social, flexibilidade comportamental, regulação da atenção, atividade e impulsos. Exemplos comuns de DDNs são o Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) e o Transtorno do Espectro Autista (TEA) ([ASKELAND et al., 2022](#)).

Para maximizar os efeitos da utilização de jogos no desenvolvimento de habilidades em crianças com Distúrbios no Desenvolvimento Neurológico, a imersão surge como uma aliada poderosa. Segundo o estudo de Savi e outros (2010), a imersão é definida como um estado onde o indivíduo está tão envolvido em uma atividade que perde a noção do tempo e tem sua percepção do ambiente ao redor reduzida.

Tendo conceituado alguns termos interessantes para o estudo, a subseção seguinte irá analisar alguns trabalhos que abordam assuntos semelhantes ao deste TCC.

### **2.2. Trabalhos Relacionados**

No artigo de Brown e outros (2011), os autores pretendem investigar se o uso de um método de ensino baseado em jogos pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades matemáticas, especificamente o entendimento de frações, em indivíduos com DI. A análise dos resultados do estudo demonstra que o jogo em questão foi altamente eficaz no processo de compreensão de frações pelos alunos participantes, conforme evidenciado pela diferença nos resultados dos testes de conhecimento aplicados antes e depois da interação com o jogo. Além disso, a inclusão de diferentes velocidades e níveis de dificuldade no

jogo contribui para que essa abordagem seja escalável e adequada para uma população mais ampla, não limitada a indivíduos com DI.

O artigo de Ávila (2019) destaca, embasado por Vygotsky, que os jogos são uma maneira de desenvolver algumas habilidades e o objetivo do artigo é desenvolver as seguintes funções executivas: atenção, memória, planejamento, autorregulação e tomada de decisão. De acordo com Ávila, pelo fato dos jogos proporcionarem um ambiente acolhedor eles podem despertar a vontade das crianças de aprender as habilidades propostas no jogo. Os resultados da utilização de jogos para desenvolver estas capacidades foram satisfatórios. Uma semana após os atendimentos começarem, os alunos que fizeram parte do experimento começaram a entrosar mais entre si e a ensinar as regras de alguns dos jogos e estratégias para vencê-los para alunos sem necessidades especiais. Além disso, alguns alunos começaram a aplicar as regras dos jogos nas aulas regulares.

No artigo de Winoto e outros (2019), é apresentado o uso de jogos como uma proposta para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e matemáticas. Além disso, a aplicação visa reduzir o esforço observado durante as visitas a aulas especiais, conforme relatado pelos autores, onde os educadores especiais precisam repetir o conteúdo já ensinado. Nesse sentido, a ideia é que o jogo seja útil para a criança poder praticar de forma autônoma. Um diferencial destacado pelos autores em relação a outros jogos existentes é a capacidade de registrar a interação do usuário, permitindo que profissionais de saúde especializados acompanhem o desenvolvimento da criança ao longo do tempo.

O estudo de Adriana (2019) aborda a utilização de jogos digitais como tecnologia assistiva para ajudar crianças com DDN no processo de ensino-aprendizagem. O artigo apresenta uma pesquisa exploratória descritiva que utilizou o método clínico para levantamento e análise dos dados, através da observação de uma aluna do 5º ano do ensino fundamental. A observação foi feita sobre a capacidade de concentração e de aprendizado da aluna, foi observado se ela conseguiria se focar o suficiente para aprender as regras do jogo. Com essa observação, a autora pôde relatar que a aluna se concentrou por bastante tempo, realizando tarefas como construir casas, caçar para comer, construir barreiras para se proteger, entre outros. Os resultados, por fim, indicaram que os jogos digitais podem ser considerados ferramentas a serem utilizadas pelos professores para auxiliar o aluno com DDN no processo da aprendizagem.

### **3. Metodologia**

O presente TCC segue os critérios iniciais definidos pelo estudo de Gomes (2022), os quais foram estabelecidos com a ajuda de uma pedagoga e de uma neuropsicóloga. Além disso, foram realizadas outras reuniões em conjunto com a pedagoga para refinar estes requisitos, a fim de que fizessem sentido quando utilizados na aplicação desenvolvida. Também foram utilizadas as seguintes características definidas no trabalho de Gomes: as habilidades matemáticas a serem trabalhadas e os objetivos de aprendizagem das crianças. O público alvo do TCC dá-se por crianças com DDNs com um nível leve de comprometimento das habilidades cognitivas, faixa etária entre 3 e 7 anos, faixa em que as crianças estão na educação infantil e primeiros anos de alfabetização escolar, e sem qualquer debilidade nas habilidades motoras dos membros superiores.

### 3.1. Habilidades e objetivos de aprendizagem trabalhados

As habilidades trabalhadas, a fim de estimular o aprendizado nas crianças, foram definidas a partir de um documento criado por (GOMES, 2022) que possui os objetivos da BNCC e uma relação entre os níveis do Modelo Denver de Intervenção Precoce (ESDM) e as faixas etárias. Tanto o ESDM, quanto a BNCC seguem as definições efetuadas por Gomes. As fases do jogo possuem seu conteúdo baseado nas habilidades descritas neste documento.

Dentre todas as habilidades matemáticas presentes no *checklist*, as habilidades trabalhadas são: *Agrupamento de objetos idênticos*, *Agrupamento de objetos por cor* e *Agrupamento de objetos por forma*. Dentre estas questões, a primeira foi trabalhada com um foco maior, por ser usada nas três fases, enquanto as duas subsequentes foram trabalhadas juntamente com a primeira habilidade nas fases 2 e 3 do jogo, respectivamente.

### 3.2. Definição das Atividades

A aplicação desenvolvida possui 3 fases, sendo que uma delas se concentra exclusivamente na habilidade de identificar objetos idênticos, enquanto as outras duas combinam essa habilidade com as habilidades subsequentes da lista apresentada anteriormente. O jogo permite que a criança escolha livremente qual habilidade deseja trabalhar, sem explicitar qual atividade estimulará determinada capacidade. Esse aspecto foi considerado positivo por uma neuropsicóloga, pois as especificidades de cada criança neuroatípica em um contexto escolar tradicional muitas vezes levam à frustração, e essa flexibilidade de uma solução lúdica que desperta interesse e estimula a criatividade das crianças pode ajudar a minimizar esse problema.

As habilidades foram definidas no *software* como tarefas a serem realizadas pelo fazendeiro, sendo elas as seguintes: organizar o celeiro guardando botas e pás, colher flores e recolher animais. As três fases seguem a mesma ideia de arrastar os objetos para o local certo, utilizando a mecânica de *Drag and Drop*.

A ideia de ter atividades que trabalham o mesmo conceito com objetos diferentes se deu pelo fato, embasado por Anderson e outros (2017), de que a generalização de conceitos para crianças com DDNs é uma grande dificuldade. Mudando o contexto e objetos utilizados em cada tarefa, foi possível estimular essa generalização nas crianças.

Cada fase possui três diferentes níveis de dificuldade para acompanhar o desenvolvimento da criança, dificuldade esta estabelecida conforme a necessidade de capacidade inibitória que aumenta a cada grau de dificuldade. Ao início de cada fase é apresentado um tutorial que pede à criança que guarde os objetos nos locais corretos, apresentando também uma animação que a guia para acertar a resposta. Logo após o término do tutorial, outros objetos são exibidos na tela, dando início ao teste de conhecimento do conceito apresentado.

Em casos de acerto, a quantidade de moedas que a criança possui é acrescida, e em casos de erro, foi implementada uma funcionalidade de correção de resposta imediata, principalmente para que as crianças com déficit intelectual tenham proximidade temporal entre o erro e a apresentação do modelo correto. Ambas as funcionalidades se baseiam em princípios de Análise do Comportamento (SKINNER, 1965), teoria psicológica que discorre sobre como humanos se comportam e na teoria de Reabilitação Neuropsicológica (PONTES; HÜBNER, 2008).

Segundo a Análise do Comportamento, proposta por Skinner (1965), reforços são consequências que aumentam as chances de determinado comportamento ocorrer. Por exemplo, quando somos elogiados por determinado desempenho no trabalho e isso gera emoções agradáveis, fazendo com que as chances de mantermos um bom desempenho sejam maiores. Associado a esse conceito, utilizou-se também a funcionalidade de correção automática baseada nos princípios da técnica de recordação espaçada da reabilitação neuropsicológica (2008), a qual aponta a necessidade de correção instantânea de erros com o intuito de minimizar ou evitar aprendizagens errôneas criadas por equívocos em respostas.

### 3.3. Implementação

As implementações foram realizadas utilizando a *Game Engine* Unity, a linguagem de programação C# para os *scripts* que controlam tanto a interface (*User Interface* - UI) quanto a persistência de dados da aplicação, e o controle de versões foi realizado utilizando o GitHub. A persistência de dados foi efetuada utilizando-se da classe *PlayerPrefs* da Unity.

A Figura 1 ilustra o diagrama de casos de uso que descreve a interação entre os atores Criança, Mediador e a aplicação. A Criança possui os seguintes casos de uso: *Selecionar Tarefa* para escolher uma tarefa da lista, seguido por *Selecionar Nível* para escolher o nível de dificuldade da fase selecionada. Além disso, a Criança também tem os casos de uso *Confirmar Ajuda* para confirmar que pode ajudar o fazendeiro no início do jogo quando seu perfil é acessado pela primeira vez, e *Pausar atividade/tutorial* para pausar o jogo, com opções disponíveis para voltar à atividade/tutorial ou ao menu de tarefas.

O ator *Mediador* possui os casos de uso *Cadastrar Criança* para adicionar informações de novas crianças ao sistema e *Selecionar Criança* para escolher uma criança já cadastrada, garantindo que o progresso de cada uma seja individual. Esses casos de uso permitem ao mediador gerenciar a experiência das crianças na aplicação. O diagrama representa a interação dinâmica entre os atores e os casos de uso, fornecendo uma visão clara das funcionalidades disponíveis e suas relações.

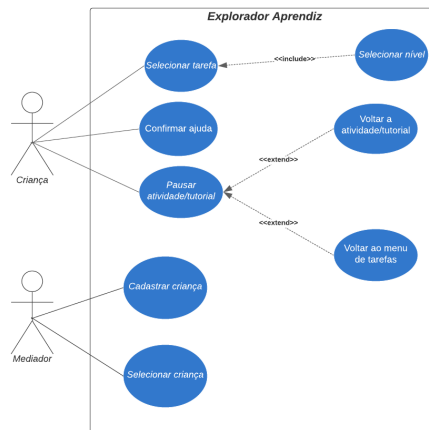
Quanto ao GitHub, as habilidades presentes no instrumento que as definiu foram divididas em diferentes TCCs. Como muitos componentes e mecânicas podiam ser reutilizados nos jogos das diferentes habilidades, o repositório do GitHub é compartilhado entre os projetos de TCC, visando economizar tempo e evitar retrabalho.

### 3.4. Validação da Aplicação

Para testar a adequação dos requisitos, foram observadas as interações entre as crianças e o jogo, de modo que fosse possível identificar pontos de melhoria para a aplicação. Isso ocorreu por meio de duas sessões de testes de conhecimento e de usabilidade com crianças neurodiversas e neurotípicas. A primeira sessão teve como propósito a realização de testes piloto com o intuito de verificar questões de usabilidade da solução desenvolvida. E a segunda sessão foi orientada em relação ao conteúdo e capacidade de estimulação da aplicação.

A utilização de uma amostra composta por 11 crianças neste TCC foi baseada na conveniência dos participantes disponíveis. Devido a limitações de tempo, recursos e acesso aos participantes, a obtenção de uma amostra grande o suficiente para um cálculo





**Figura 1. Diagrama de Casos de Uso**

amostral preciso se tornou inviável. Apesar disso, a amostra selecionada ainda proporcionou *insights* valiosos e informações relevantes para a área de estudo em questão. É importante ressaltar que os resultados obtidos não podem ser generalizados para a população como um todo, e futuras pesquisas com amostras mais representativas são necessárias para ampliar a validade dos achados.

Foram também realizados testes de conhecimento por meio de atividades em papel, aplicadas prévia e posteriormente à interação com a aplicação, para verificar o conhecimento relacionado ao conteúdo abordado na solução gamificada. Dentre os testes de conhecimento, foram efetuados dois testes de usabilidade para coletar *feedbacks* sobre a aplicação, sua jogabilidade e seu conteúdo.

Além dos testes de usabilidade com as crianças, foram realizadas avaliações técnicas por especialistas, incluindo uma neuropsicóloga e um professor de jogos digitais. Para isso, utilizou-se um questionário de avaliação elaborado pela neuropsicóloga, que considerava estratégias pedagógicas como um aspecto relevante na avaliação do jogo. A esse questionário, foram adicionados os critérios de Usabilidade propostos por Nielsen (1994) para avaliar os aspectos técnicos do desenvolvimento de software. Com base nesse instrumento, os especialistas emitiram seus pareceres sobre a aplicação.

#### **4. Testes e Resultados**

Os testes realizados com as crianças neste TCC foram autorizados mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento (TA) pelos responsáveis legais. Para que fosse possível realizar os testes, o projeto foi submetido e aprovado pelo Centro de Pesquisa e Ética (CEP) da PUC Minas.

##### **4.1. Teste de Conhecimento**

Inicialmente foram aplicados testes em papel para avaliar os conhecimentos prévios das crianças que participaram do experimento. Estes testes consistiram em três páginas com uma questão cada, totalizando 6 exercícios por criança, considerando 3 para teste prévio e 3 para posterior. Além dos testes prévios, foram aplicados testes posteriores, também em papel, para avaliar se houve alguma mudança na taxa de acertos após a interação da criança com a aplicação.

Os exercícios utilizados nos testes em papel foram baseados nas bases de exercícios e planos de aula disponíveis nos *websites* (GAMES, 2023), (TWINKL, 2023) e (WORDWALL, 2023), e validados por uma pedagoga e *designer* instrucional.

#### 4.2. Testes de Usabilidade

Como mencionado na Seção 3.4, foram feitos dois testes de usabilidade com as crianças participantes do projeto. O primeiro como um teste mais focado em verificar a usabilidade e o segundo com foco em realmente testar se a aplicação alcançava o objetivo. Como mencionado anteriormente, o projeto foi dividido em outros projetos. Para este TCC as tarefas/fases trabalhadas foram as 3 primeiras apresentadas na Figura 2a, que tem como foco a comparação de propriedades de objetos.

O primeiro teste utilizou a primeira versão da aplicação e as Figuras 2a, 2b, 2c e 2d mostram suas telas e funções necessárias para a *gameplay*. Para que não houvesse interferência nos resultados, as sessões de teste contaram com pouca ou nenhuma intervenção de especialistas ou responsáveis.

A Figura 2a mostra a lista de habilidades que podem ser escolhidas pela criança e quando estão concluídas. A Figura 2b apresenta a lista de níveis de dificuldade mostrada a criança quando uma tarefa é selecionada. Os níveis vão do mais fácil ao mais difícil, indicando essa mudança de dificuldade utilizando a quantidade de objetos diferentes que a fase possui.

A Figura 2c representa o tutorial da fase 1, sendo que ele existe em cada fase de modo ajustado conforme a dificuldade. O cursor aparente próximo à figura da caixa possui uma animação que faz com que ele indique qual objeto deve ser arrastado e para onde. A Figura 2d representa uma fase no nível mais difícil. A medida que a dificuldade aumenta, mais objetos aparecem na tela e é gradualmente inserida a generalização dos conceitos trabalhados.

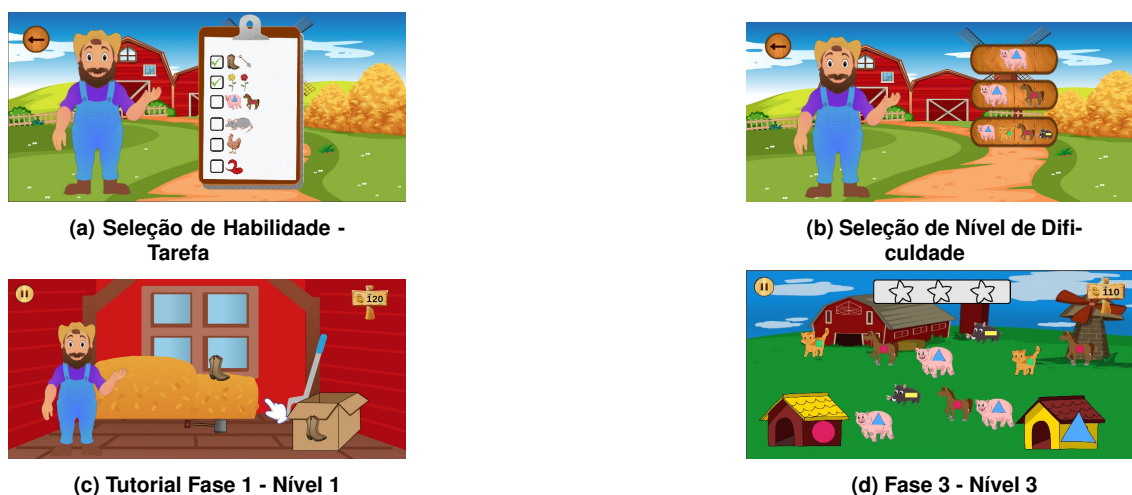


Figura 2. Telas Aplicação V1

A partir do primeiro teste piloto realizado com duas crianças, uma típica e uma atípica, de 4 e 3 anos, respectivamente, identificamos várias áreas que precisavam ser aprimoradas no desenvolvimento da aplicação, as quais foram implementadas na segunda



versão do teste. Os pontos de melhoria incluíram: (1) o sinal de visto que marcava a fase como concluída, que levava as crianças a não selecionarem novamente a fase; (2) o plano de fundo da fase com animais, que causava confusão entre o celeiro e as casinhas; (3) as instruções em áudio da fase dos animais não eram claras; (4) a tela de seleção de níveis, que não era intuitiva; (5) as áreas clicáveis das flores e pás, que eram muito pequenas; (6) a seleção aleatória de níveis pelas crianças; (7) os áudios repetitivos ao acertar uma resposta; e (8) a tentativa de guardar objetos ou animais que não possuíam recipientes adequados.

Realizamos um segundo teste com 3 crianças típicas, uma com suspeita de DDN e outras 5 com diagnóstico de DDNs, com idades entre 3 e 7 anos. Nessa nova versão, implementamos as melhorias identificadas no teste anterior. Substituímos o visto por uma caixa preenchida para indicar o término de cada conjunto de níveis. Alteramos o plano de fundo para evitar confusões e tornamos as instruções em áudio mais objetivas e claras. Corrigimos a seleção aleatória de níveis, direcionando a criança para o nível 1 na primeira interação com a fase e adicionando orientações do fazendeiro para escolher o nível de dificuldade quando essa escolha é liberada. Aumentamos a quantidade de áudios de parabenização por respostas corretas, tornando-os aleatórios, e ampliamos as áreas de contato dos objetos para facilitar o movimento de arrastar e soltar. Também adicionamos a funcionalidade de remover objetos ou animais quando não possuem um recipiente adequado, levando-os para fora do cenário em caso de erro.

Essas melhorias foram realizadas visando melhorar a usabilidade, estimular habilidades do jogo e identificar outras oportunidades de aprimoramento. As melhorias realizadas surtiram um efeito positivo aparente na jogabilidade das crianças do segundo teste, que interagiram com a aplicação com mais liberdade e fluidez.

A professora que acompanha duas das crianças participantes que possuem TDAH manifestou sua surpresa à equipe de avaliação ao testemunhar que os alunos que frequentemente lutam para manter a concentração em uma tarefa, ao usarem o aplicativo, tiveram grande foco e empenho para finalizar as atividades. Um número significativo das crianças que participaram dos testes exibiram alegria e celebraram ao concluir uma tarefa ou ao receber um *feedback* positivo de encorajamento do personagem do fazendeiro.

Com base na análise dos testes prévios e posteriores aplicados em papel, foi possível notar uma diferença de desempenho em alguns dos alunos. Alunos que antes ligavam as formas incorretamente passaram a identificar e conectá-las corretamente. Um deles, em específico, passou de 0% de aproveitamento para 100%.

Em um total de 9 crianças, 66,7% mantiveram o mesmo desempenho dos testes anteriores e 33,3% obtiveram ganho no desempenho, nenhuma perda de desempenho foi observada. Dessa forma, considerando a análise de dados realizada sobre os testes de conhecimento e usabilidade, é possível dizer que a aplicação cumpriu o objetivo de estimular as habilidades matemáticas previamente definidas com indicativo positivo como recurso auxiliar nos processos relacionados com a apresentação dos conceitos e habilidades contemplados neste TCC, sendo eles educacionais ou terapêuticos.

### **4.3. Avaliação dos Especialistas sobre a Aplicação**

A avaliação dos especialistas foi realizada utilizando o formulário disponibilizado por uma psicóloga Mestre em Neurociências. O questionário foi respondido por dois especi-

alistas, sendo a primeira uma neuropsicóloga e o segundo, um professor de jogos digitais, considerando critérios de Estratégias Pedagógicas (RÄTY; KONTU; PIRTTIMAA, 2016) e de Usabilidade (NIELSEN, 1994).

A avaliação consistiu em 8 questões sobre Estratégias Pedagógicas e 10 de Usabilidade, tendo como opções de avaliação os valores: *concordo*, *não concordo*, *nem concordo* e *discordo*. Com base nisso e considerando cada uma com as notas 3, 2 e 1 respectivamente, a média dos resultados das avaliações foi de 3 para Estratégias Pedagógicas e 2,55 para Usabilidade, sendo 3 a nota máxima que poderia ser atingida.

Ao considerar esses resultados, é possível entender que a solução gamificada atende aos critérios pedagógicos, e quanto à Usabilidade, mesmo com alguns pontos de melhoria observados, o resultado das avaliações também foi satisfatório. Algumas observações efetuadas foram com relação ao contraste de alguns objetos em relação a outros na aplicação, dificultando um pouco a percepção das cores em alguns pontos.

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste TCC, desenvolvemos uma aplicação para estimular habilidades matemáticas de comparação de propriedades de objetos em crianças com DDNs. Realizamos um estudo sobre soluções existentes no mercado e tivemos reuniões com especialistas para definir os critérios do jogo. Utilizamos um documento de referência produzido por (GOMES, 2022) para a definição das habilidades estimuladas e dos objetivos da BNCC trabalhados.

Realizamos dois testes de usabilidade com crianças, obtendo feedback sobre as funcionalidades e possíveis melhorias do jogo. O primeiro teste permitiu aprimorar a jogabilidade e os testes em papel utilizados. Observamos a interação das crianças com o aplicativo e constatamos que ele cumpre seu objetivo de estimular habilidades específicas (ver Seção 4). Além disso, percebemos que as crianças acharam a tarefa divertida, expressando isso por meio de sorrisos, vibração e envolvimento.

A avaliação dos especialistas indicou algumas melhorias, como a inclusão de legendas e recursos de zoom para crianças com deficiências visuais, além de outras opções de acessibilidade para deficiências auditivas. Em resumo, pode-se dizer que é sugestivo positivamente que o *software* alcança seu objetivo de auxiliar no estímulo das habilidades de comparação de propriedades de objetos, conseguindo também proporcionar divertimento enquanto a criança realiza as tarefas propostas por ele.

Como trabalhos futuros, podemos implementar as melhorias apontadas pelas avaliações dos especialistas, tornando a aplicação mais acessível. Além disso, oferecer diferentes narradores para que as crianças possam escolher suas preferências em termos de timbres e gêneros de vozes, e criar um sistema de *skins* para as moedas, proporcionando um propósito adicional, além de serem estímulos visuais e sonoros positivos, são possibilidades de evolução promissoras. Também podemos expandir a variedade de habilidades abordadas e a quantidade de tarefas que exploram um mesmo conceito, a fim de aprimorar o conteúdo do jogo e aumentar a necessidade de tempo para completá-lo.

Por fim, o desenvolvimento da aplicação será continuado em outros projetos e assim que completamente finalizado, será disponibilizado nas lojas virtuais para dispositivos Android.

## Referências

- ANDERSON, D. et al. American psychiatric association.(2013). diagnostic and statistical manual of mental disorders . washington, dc: Author. *The Linguistic and Cognitive Effects of Bilingualism on Children with Autism Spectrum Disorders*, McGill University, v. 21, p. 175, 2017. 5
- ASKELAND, R. B. et al. Early manifestations of genetic risk for neurodevelopmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, v. 63, n. 7, p. 810–819, 2022. Disponível em: <https://acamh.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcpp.13528>. 3
- AVILA, L. T. de. Os jogos no processo de aprendizagem dos alunos com déficit intelectual da sala de recursos da escola municipal de ensino fundamental dr. abreu fialho. 2019. 4
- BOLSONI, C. L.; MACUCH, R. da S.; BOLSONI, L. L. M. Neurodiversidade no meio acadêmico: reflexos das falhas educacionais em uma instituição de ensino superior no interior do paraná. *Revista Educação Especial*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 34, p. 1–19, 2021. 2
- BROWN, D. J. et al. Can participating in games based learning improve mathematic skills in students with intellectual disabilities? In: *2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–9. 3
- GAMES, E. *Formas Geométricas*. 2023. <https://www.escolagames.com.br/jogos/formasGeometricas/>. Acessado em: 16 de maio de 2023. 8
- GOMES, S. V. Desenvolvimento de um aplicativo para verificação do nível de matemática em crianças com deficiência intelectual. 2022. 2, 4, 5, 10
- MARCIANO, A. C. B. Uma abordagem sobre a aplicação de jogos digitais como tecnologia assistiva para crianças com tdah no processo da aprendizagem. 2019. 4
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. 2
- NIELSEN, J. *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. 1994. Nielsen Norman Group. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. 7, 10
- ORGANIZATION, W. H. *Autism Spectrum Disorders (ASD) - Questions and Answers*. 2021. [https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/autism-spectrum-disorders-\(asd\)](https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/autism-spectrum-disorders-(asd)). [Online; accessed 23-Feb-2023]. 2
- PONTES, L. M. M.; HÜBNER, M. M. C. A reabilitação neuropsicológica sob a ótica da psicologia comportamental. *Archives of Clinical Psychiatry (São Paulo)*, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, v. 35, n. 1, p. 6–12, 2008. ISSN 0101-6083. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-60832008000100002>. 5, 6
- RÄTY, L.; KONTU, E.; PIIRTIMAA, R. Teaching children with intellectual disabilities: Analysis of research-based recommendations. *Journal of Education and Learning*, Canadian Center of Science and Education, v. 5, n. 2, p. 318–336, 2016. ISSN 1927-5250. 10

- ROGERS, S.; DAWSON, G. *Checklist Curriculum do Modelo Denver de Intervenção Precoce para Crianças Pequenas com Autismo*. 2014. 2
- SAVI, R. et al. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE*, v. 8, n. 3, dez. 2010. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/18043>. 3
- SESAY, S. *Neurodiversidade: o que é e como redes sociais têm ajudado em diagnósticos*. [S.l.]: BBC World Service, 2022. 2
- SKINNER, B. F. *Science and human behavior*. [S.l.]: Simon and Schuster, 1965. 5, 6
- TWINKL. *Same or Different Cards*. 2023. <https://www.twinkl.com.br/resource/t-s-962-same-or-different-cards>. Acessado em: 16 de maio de 2023. 8
- WINOTO, P.; TANG, T. Y. Collaborative online educational games for children with learning disabilities: Lessons learned. In: *2019 IEEE 5th International Conference on Collaboration and Internet Computing (CIC)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 191–195. 4
- WORDWALL. *Shapes and Colors*. 2023. <https://wordwall.net/en-us/community/shapes-and-colors>. Acessado em: 13 de maio de 2023. 8
- YONESHIGUE, B. *Autismo, TDAH e dislexia: novas tecnologias se tornam aliadas para inclusão de pessoas neurodivergentes*. [S.l.]: O Globo, 2022. 2