

MotorAccessGamePack: Um Pacote para Aplicação de Diretrizes de Acessibilidade Motora em Jogos Unity

Matheus W. P. Rodrigues^{1,2},
Andreza B. Mourão^{1,2}, Luis Cuevas R.^{1,3}

¹ Curso de Licenciatura em Computação da Escola Superior de Tecnologia (EST) da Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Av. Darcy Vargas 1200 – 69050-020 – Manaus – AM – Brazil

²Laboratório do Grupo de Pesquisa CESIBIOLAB da (EST/UEA)

³Ludus – Laboratório de Tecnologia, Inovação e Economia Criativa da (EST/UEA)

{mwpr.lic16, amourao, lrodriguez}@uea.edu.br

Abstract. *This research presents the development of a Unity package featuring accessibility features for users with motor disabilities, aimed at creating digital games aligned with the principles of Universal Design. The package integrates a set of accessibility components and adaptable placeholders, developed based on established guidelines and standards, such as the Game Accessibility Guidelines, Web Content Accessibility Guidelines, and NBR 17225. The proposed solution was applied to a game previously lacking accessibility features, validated by experts, and users with motor disabilities. The results, evaluated through Accessibility Heuristic Evaluation, demonstrated high acceptance of the implemented functionalities.*

Resumo. *Esta pesquisa apresenta o desenvolvimento de um pacote Unity com funcionalidades de acessibilidade para deficiência motora, voltado para criação de jogos digitais alinhados aos princípios do Design Universal. O pacote reúne um conjunto de componentes acessíveis e placeholders adaptáveis, desenvolvidos com base em diretrizes e normativas consolidadas, como a Game Accessibility Guidelines, Web Content Accessibility Guidelines e a NBR 17225. A proposta foi aplicada em um jogo sem recursos de acessibilidade, validada por especialistas e com usuários com deficiência motora. Os resultados demonstraram aceitação efetiva das funcionalidades implementadas, avaliadas por meio do método Accessibility Heuristics Evaluation.*

1. Introdução

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui aproximadamente 18,6 milhões de Pessoas com Deficiência (PcD), o que representa cerca de 8,9% da população nacional, sendo 1,3 milhões de pessoas portadoras de deficiência motora [Brasil 2023a]. Por sua vez, o Censo Escolar de 2023 aponta que mais de 1,7 milhão de PcDs são estudantes que estão matriculados na Educação Especial, no qual, 163.790 possuem alguma deficiência motora [Brasil 2023b].

Os avanços legais e instrumentos pedagógicos estabelecidos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pela Lei Brasileira de Inclusão (LBI) da Pessoa com De-

ficiência (PcD) - Lei nº 13.146/2015, ainda enfrenta muitos desafios e um avanço significativo em todos os níveis de ensino [Brasil 2025a], [Brasil 2015]. Apesar da consolidação progressiva da legislação, sua aplicação prática ocorre de forma lenta e desigual, devido à persistência de barreiras culturais e estruturais que dificultam a plena implementação desses direitos [Araújo and Leite 2025]. Os dados evidenciam a necessidade de promover acessibilidade nos recursos educacionais que possam atender as especificidades de aprendizagem dos estudantes com deficiência [Denardin et al. 2019].

Nesse cenário, podemos destacar o uso de Jogos Educacionais Digitais (JEDs), que emergem como artefatos pedagógicos relevantes, capazes de promover experiências lúdicas, motivadoras e inclusivas no ambiente escolar, auxiliando no processo de aprendizagem dos alunos [Zeng et al. 2020]. No entanto, os JEDs, em sua maioria são desenvolvidos sem considerar as necessidades de estudantes com deficiência, o que compromete sua participação ativa nessas experiências educacionais [Araújo et al. 2020]. A ausência de diretrizes específicas, padrões técnicos e normativas claras para o desenvolvimento de recursos digitais acessíveis contribui para práticas excludentes [Silva et al. 2021]. [Costa-Renders et al. 2020] e [Brenda et al. 2024] destacam que o uso de critérios baseados em modelos de acessibilidade como o Design Universal (DU) e Design Participativo (DP) amplia o alcance, a usabilidade e a equidade dos recursos digitais. Além disso, diretrizes internacionais e nacionais oferecem parâmetros técnicos para a promover acessibilidade em jogos digitais [Naidon et al. 2023].

Diante desse contexto, este artigo apresenta o desenvolvimento de um pacote de funcionalidades de acessibilidade motora para a plataforma Unity, estruturado como um *Unity Package* contendo *templates* de codificação e *placeholders* adaptáveis, fundamentados nas diretrizes, normas e padrões nacionais e internacionais como a Game Accessibility Guidelines (GAG), Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) e NBR 17225. Assim como, foi considerado o uso do Design Universal e Design Participativo com o objetivo de apoiar o desenvolvimento de jogos digitais inclusivos.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2, apresenta a Fundamentação Teórica; a Seção 3, descreve a Metodologia Científica; a Seção 4, apresenta o Desenvolvimento do *Unity Package*; a Seção 5, discute os Resultados obtidos; e, por fim, a Seção 6, relata as Considerações Finais.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta os principais fundamentos teóricos que permitem a compreensão do contexto e das diretrizes que orientam este trabalho.

2.1. Diretrizes, Normas e Padrões de Acessibilidade Digital

O desenvolvimento de tecnologias acessíveis requer conformidade com diretrizes e normas reconhecidas nacional e internacionalmente, que garantem a inclusão de pessoas com diferentes tipos de deficiência [Mourão and Netto 2018a], [Mourão and Netto 2020]. As *Game Accessibility Guidelines* constituem um conjunto de recomendações práticas, organizadas em níveis de complexidade (básico, intermediário e avançado), que orientam a criação de jogos digitais mais acessíveis [GAG 2025]. Essas diretrizes abrangem aspectos como alternativas de controle, feedback visual e auditivo, personalização e simplificação da jogabilidade, visando promover a inclusão de jogadores com deficiências motoras, visuais, auditivas e cognitivas.

Paralelamente, as *Web Content Accessibility Guidelines* (versão 2.2), embora inicialmente desenvolvidas para conteúdos web, oferecem princípios fundamentais (perceptível, operável, compreensível e robusto), que também são aplicáveis ao desenvolvimento de interfaces de jogos digitais. A adoção desses princípios é essencial para garantir usabilidade e acessibilidade, especialmente para usuários com limitações motoras que dependem de interfaces adaptadas [W3C 2024].

No âmbito nacional, destaca-se a norma ABNT (NBR 17225) que estabelece requisitos específicos para acessibilidade em jogos eletrônicos, contemplando critérios relacionados à usabilidade, comunicação, interação e adaptação dos controles [Brasil 2025b]. Essa norma representa um importante referencial para o desenvolvimento de jogos que estejam em conformidade com a legislação brasileira de acessibilidade, assegurando o direito à inclusão digital.

2.2. Design Universal aplicado a Acessibilidade e Inclusão

O Design Universal é uma abordagem de desenvolvimento de projeto que tem como objetivo desenvolver produtos, ambientes e sistemas acessíveis e utilizáveis pelo maior número possível de pessoas, sem a necessidade de adaptações posteriores [Góes and Costa 2022]. Essa concepção defende que a acessibilidade deve ser considerada desde as fases iniciais do processo de criação, tornando-se um princípio fundamental no desenvolvimento de soluções inclusivas [Mourão et al. 2024]. Baseado em sete princípios: (i) uso equitativo, (ii) flexibilidade, (iii) simplicidade e intuitividade, (iv) informação perceptível, (v) tolerância ao erro, (vi) baixo esforço físico e (vii) dimensões apropriadas para o uso. E por sua vez, orientando a construção de experiências que promovem autonomia, segurança e conforto a todos os usuários [Mourão 2022]. Essa abordagem contribui para a eliminação de barreiras físicas, sensoriais e cognitivas, favorecendo a participação plena e igualitária na sociedade.

2.3. Desenvolvimento de Artefatos Acessíveis com Design Participativo

O Design Participativo é uma metodologia aplicada durante o processo de desenvolvimento, onde o público-alvo o qual o artefato está sendo desenvolvido, participa efetivamente do levantamento e análise de requisitos [Mourão and Netto 2018b], [Costanzi et al. 2022]. No contexto de desenvolvimento de jogos digitais, o ponto de vista do usuário final direciona melhorias, alterações e eliminações dos aspectos irrelevantes presentes no artefato [Zabot et al. 2019].

3. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos têm explorado a acessibilidade em jogos digitais e educacionais, buscando ampliar o acesso de pessoas com diferentes tipos de deficiência, conforme podemos evidenciar nos trabalhos a seguir.

O mapeamento sistemático apresentado por [Andrade et al. 2021] destaca aspectos fundamentais para a construção e difusão de jogos acessíveis, considerando deficiências visuais, auditivas, motoras e cognitivas, além de propor diretrizes que orientam o desenvolvimento e o uso desses jogos. Outro estudo relevante é o de [Belarmino et al. 2021], que identifica critérios de acessibilidade específicos para jogos educacionais digitais, categorizados segundo o *framework MDA*. Desafios com a

existência de critérios contraditórios foram discutidos, assim como, ressaltados a importância da participação do público-alvo na definição de funcionalidades acessíveis. A pesquisa reforça a necessidade da adoção de princípios de Desenho Universal e práticas inclusivas desde a concepção dos jogos educacionais [Silva et al. 2025].

Por sua vez, o estudo de [Lima et al. 2019] apresenta o *REPAssistive*, um repositório educacional com funcionalidades de acessibilidade voltadas à educação especial, com ênfase em jogos educacionais digitais. A proposta busca suprir a carência de ambientes virtuais que disponibilizem recursos voltados a estudantes com Necessidades Educacionais Específicas (NEE), sendo avaliada com base em heurísticas de Nielsen e nas diretrizes da *WCAG 2.0* com a participação de portadores de deficiência cognitiva.

Embora os avanços na área sejam expressivos, ainda persistem lacunas no desenvolvimento de funcionalidades acessíveis em JEDs, que sejam simultaneamente interativos, inclusivos e gamificados, com aplicação prática e clara das diretrizes e normas existentes. A Tabela 1, mostra as interseções entre as pesquisas de [Belarmino et al. 2021] e [Andrade et al. 2021] ao apresentarem recomendações relevantes, mas não exemplificam diretamente sua implementação técnica voltada a desenvolvedores. Por sua vez, [Lima et al. 2019] demonstra a aplicação de funcionalidades prontas, porém restritas ao ambiente *web*. No entanto, nenhum dos estudos consideram a NBR 17225.

Tabela 1. Comparação entre trabalhos relacionados e este trabalho.

Trabalho	GAG	WCAG	NBR 17225	DP	Aplicação
[Andrade et al. 2021]	X				
[Belarmino et al. 2021]	X	X			
[Lima et al. 2019]		X		X	X
MotorAccessGamePack	X	X	X	X	X

Considerando a análise dos artigos disponíveis na literatura e os trabalhos relacionados acima, o principal diferencial desta proposta é contribuir com a acessibilidade de usuários com deficiência motora, por meio do desenvolvimento do *MotorAccessGamePack*, um pacote de funcionalidades acessíveis. O artefato oferece soluções práticas voltadas ao desenvolvimento de jogos digitais inclusivos na plataforma *Unity*, integrando os princípios do Design Universal, Design Participativo e aplicando diretrizes, normas e padrões de acessibilidade digital (GAG, WCAG 2.2 e a NBR 17225).

4. Metodologia da Pesquisa

A pesquisa é de natureza aplicada e experimental, realizada em ambiente controlado. Utiliza uma abordagem mista para a descrição dos resultados. Sendo o estudo dividido em três etapas: investigativa, desenvolvimento e validação.

Na **etapa investigativa** foi realizada a revisão bibliográfica por meio de estudos fundamentados nos jogos digitais e diretrizes, padrões e normativas de acessibilidade digital. Os estudos serviram de base para o planejamento e construção das funcionalidades inclusivas do pacote. Na **etapa de desenvolvimento** foi planejado e elaborado o *Unity Package*, considerando o Design Universal e o Design Participativo. Por fim, a **etapa de validação** se evidencia pela análise de dados, onde foram utilizados os métodos SUS e o *Accessibility Heuristics Evaluation*, para analisar parâmetros específicos de acessibilidade do jogo.

5. MotorAccessGamePack: Design Inclusivo e Participativo

Esta seção apresenta o processo de desenvolvimento do *Unity Package*, apresentado com base nas etapas do *Design Thinking* para Educação.

5.1. Cenário, Público-alvo e Participantes

O *MotorAccessGamePack* foi idealizado para criar experiências de jogo que pudessem ser desfrutadas por todos. No entanto, o desenvolvimento de funcionalidades de acessibilidade customizadas para cada jogo é um desafio constante, consumindo tempo e recursos. Muitas vezes, recursos importantes não podem ser utilizados ou as funcionalidades não são implementadas para atender plenamente às necessidades de todos os jogadores. Com base neste cenário, idealizou-se o desenvolvimento de um conjunto robusto de módulos pré-construídos e facilmente configuráveis, voltados para pessoas com deficiência motora, podendo ser reaplicado para atender outras deficiências.

O público-alvo são desenvolvedores de jogos digitais que desejem aplicar funcionalidades de acessibilidade de uma forma facilitada, visando aumentar o número de usuários de seus jogos, empregando um diferencial envolvendo acessibilidade físico-motora. Além de pessoas com deficiência motora que gostem de jogar, permitindo sua participação e experimentação no uso de jogos digitais. Os participantes do estudo são estudantes que gostam de jogar e desenvolver soluções pedagógicas e computacionais, das área da Educação e Computação.

5.2. Processo de Desenvolvimento

O Recurso de Acessibilidade adotou o modelo de *Design Thinking* para Educadores [Pereira et al. 2019], para o desenvolvimento da solução educacional e computacional. A proposta visa melhorar a interação para estudantes com deficiência motora em jogos educacionais, partir de um mecanismo de acessibilidade.

O *MotorAccessGamePack* oferece um pacote funcional com elementos reutilizáveis, personalizáveis e de fácil integração na plataforma *Unity* no desenvolvimento de JEDs. As etapas a seguir, apresentam as etapas de concepção, construção e validação do artefato.

1. A **Etapa de Imersão/Empatia** consistiu na compreensão das necessidades de pessoas com deficiência motora ao interagir com jogos educacionais digitais. Desta forma, mapas de empatia (Figura 1 (a)) e persona (Figura 1(b)), foram aplicados, permitindo visualizar os sentimentos e desafios enfrentados pelos usuários portadores de deficiência motora.

A participação dos usuários de jogos com deficiência motora e outras deficiências onde o usuário tem espasmos e tremores nas mãos, promoveram insights valiosos que contribuiram para as soluções de design que beneficiam não apenas o público-alvo principal, mas uma gama mais ampla de usuários com Deficiência Intelectual, Transtorno do Espectro do Autismo e Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade, que participaram de forma voluntária desta etapa de identificação de necessidades. De forma complementar, foram feitos registros de entrevistas e conversas informais com a finalidade de garantir que as soluções atendam especificamente às necessidades reais e sejam verdadeiramente utilizáveis pelos PcD.

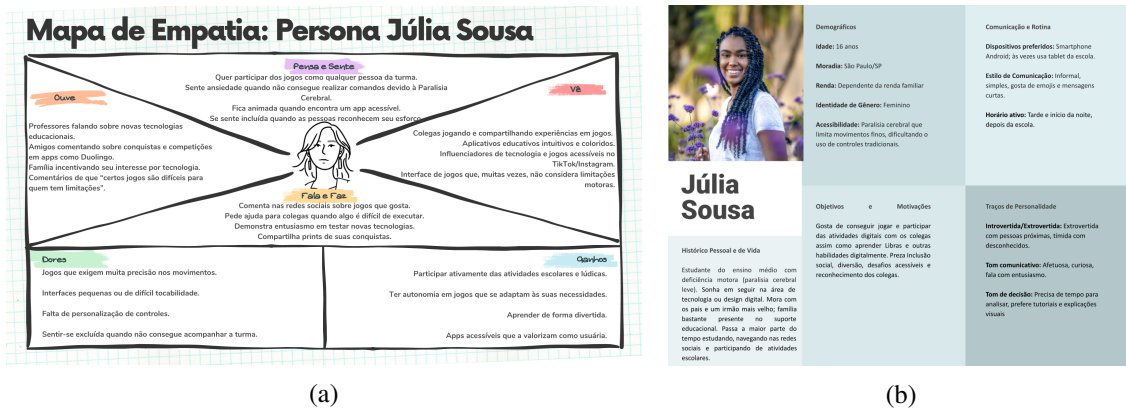


Figura 1. Mapa de Empatia e Persona

Em seguida, foram realizadas a análise de jogos digitais e jogos educacionais digitais que apresentam e não apresentam recursos de acessibilidade recomendados pela GAG, disponíveis para teste. Neste primeiro momento, buscou-se identificar os impactos das funcionalidades acessíveis e a ausência delas nos jogos, assim como, as barreiras atitudinais, estruturais e sociais.

2. Na **Etapa de Definição**, após coletar uma grande quantidade de informações na fase de empatia, os dados foram analisados e sintetizados para definir o problema central de forma clara. Sendo realizado o levantamento e definição de uso das principais diretrizes nacionais e internacionais, como a GAG, a WCAG 2.2 e a NBR 17225 e dos JEDs. Com base nessa investigação, foi conduzida a avaliação de jogos que possuem implementação acessíveis recomendados pela GAG, os quais serviram de referência para o levantamento de requisitos de funcionalidades acessíveis presentes no pacote.

A análise guiou as decisões de design do pacote, destacando a carência de recursos prontos para implementação de acessibilidade motora na plataforma *Unity*. As diretrizes da GAG, WCAG 2.2 e a NBR 17225 foram convertidos em requisitos funcionais (Figura 2 (a)) e não funcionais (Figura 1 (b)) para o *MotorAccessGamePack*.

Requisito	Descrição	Origem
RF-01	Permitir ajuste da velocidade do jogo para usuários com reflexos reduzidos.	GAG (Motor - Básico), WCAG 2.2 – SC 2.2.1, NBR 17225 - 3.3
RF-02	Garantir que botões e elementos interativos sejam grandes e bem espaçados.	GAG (Motor - Básico), NBR 17225 - 5.10
RF-03	Garantir que toda a interface seja navegável pelo mesmo método de entrada do gameplay.	GAG (Motor - Básico), WCAG 2.2 – SC 2.1.1, 2.1.2
RF-04	Oferecer controle simplificado, com menos botões ou combinações.	GAG (Motor - Básico), WCAG 2.2 – SC 2.5.1, 2.5.4
RF-05	Permitir remapeamento completo dos controles.	GAG (Motor - Básico), WCAG 2.2 – SC 2.1.4
RF-06	Permitir que o usuário pause, pare ou oculte conteúdos em movimento ou atualização automática.	WCAG 2.2 – SC 2.2.2
RF-07	Garantir que a ativação de ações tenha reversão/cancelamento.	WCAG 2.2 – SC 2.5.2

(a)

Requisito	Descrição	Origem
RNF-01	O pacote deve estar em conformidade com GAG, WCAG 2.2 e ABNT NBR 17225.	GAG, WCAG, NBR 17225
RNF-02	A interface deve seguir princípios de ergonomia e usabilidade para pessoas com deficiência motora.	NBR 17225
RNF-03	Deve permitir personalização conforme as necessidades do usuário.	NBR 17225, DUA
RNF-04	Deve ser compatível com tecnologias assistivas.	NBR 17225, WCAG 2.2
RNF-05	As configurações de acessibilidade devem ser organizadas, claras e facilmente localizáveis.	GAG, NBR 17225

(b)

Figura 2. Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais

A sintetização das informações com base nos artefatos aplicados nas etapas anteriores, permitiram o levantamento, especificação e validação dos requisitos, criando um "Ponto de Vista", focado no usuário.

3. A **Etapa de Ideação**, foi marcada pela geração de ideias advindas do público-alvo e dos participantes da pesquisa que contribuíram de forma coletiva, com várias sugestões e *insights* inovadores para inspirar o desenvolvimento do artefato. Em síntese, *MotorAccessGamePack* tem seu planejamento e arquitetura do componente (Figura 3), definidos para atender simultaneamente aos critérios de acessibilidade e usabilidade, para que os desenvolvedores possam facilmente entender, configurar e adaptar os componentes às suas necessidades específicas. As funcionalidades acessíveis foram divididas em categorias, como: input alternativo, navegação simplificada e configurações adaptativas, cada uma contendo scripts, interfaces e documentações integradas ao pacote.

A arquitetura do *MotorAccessGamePack* foi organizada em três camadas principais: Camada de Apresentação (Front-End), Camada Lógica (Back-End) e Camada Física de Armazenamento (Figura 3). Essa estrutura permite separar a interface, o processamento das funcionalidades e a persistência dos dados utilizados pelo pacote.

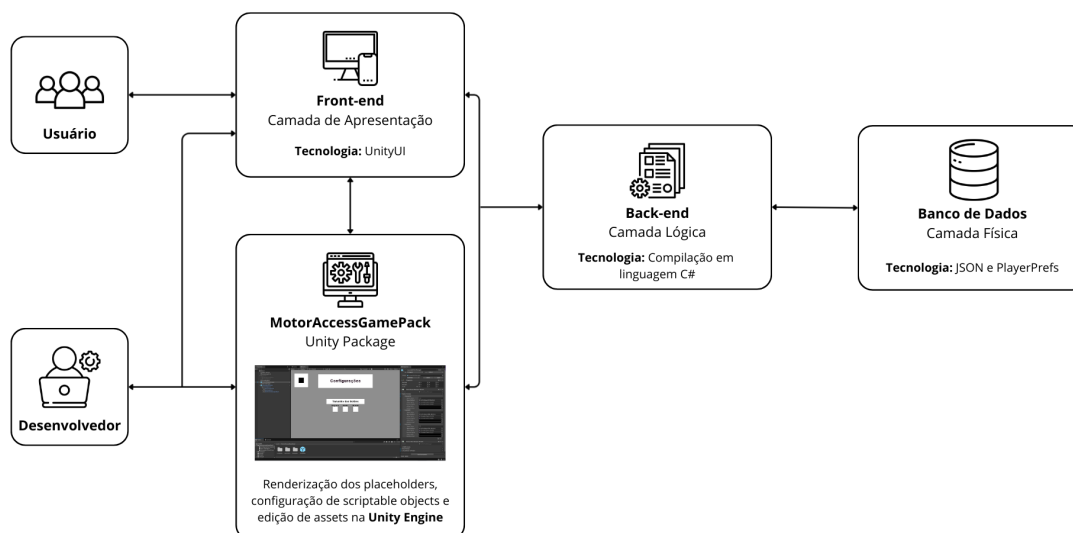


Figura 3. Arquitetura do *MotorAccessGamePack*

A camada de **Apresentação** baseada na *Unity UI*, é responsável por exibir os elementos acessíveis ao usuário, tais como botões ampliados, menus simplificados e controles configuráveis. Essa camada recebe diretamente as ações do jogador e encaminha os eventos para os componentes subsequentes do pacote. Por sua vez, a camada **Lógica**, implementada em C, realiza o processamento das funcionalidades de acessibilidade. Desta forma, as regras são responsáveis por interpretar entradas, aplicar ajustes motores, validar interações e comunicar o estado do jogo com o pacote. As funções desenvolvidas no componente garantem a adaptação dos controles, a leitura das preferências do usuário e a execução das diretrizes e normas incorporadas ao pacote. Por fim, a camada **Física** de armazenamento, foi estruturada com uso de JSON e *PlayerPrefs*, armazenando localmente as configurações do usuário, como: (i) sensibilidade de entrada; (ii) opções de remapeamento; e (iii) preferências de acessibilidade. A comunicação entre a camada lógica e a camada física ocorre de forma direta, permitindo gravar e recuperar dados sem necessi-

dade de serviço externo ou banco de dados remoto.

O componente foi desenvolvido como um *Unity Package*, permitindo que o desenvolvedor o importe e integre ao projeto sem modificações adicionais. A comunicação entre o desenvolvedor e o pacote ocorre por meio de APIs internas, classes públicas, arquitetura desacoplada e prefabs configuráveis, garantindo que as funcionalidades possam ser reutilizadas em diferentes jogos educacionais.

4. Na **Etapa de Prototipagem**, as ideias mais promissoras foram transformadas em protótipos tangíveis, definições foram estruturadas e alinhadas em conformidade com as diretrizes e necessidades do público-alvo. A preparação do protótipo consistiu na construção iterativa do *MotorAccessGamePack*, integrando os requisitos levantados nas fases anteriores em um artefato funcional dentro da plataforma *Unity*. Foram elaborados *scripts* C#, interfaces gráficas e componentes personalizáveis, para garantir a usabilidade e a acessibilidade de pessoas com deficiência motora. A cada funcionalidade concluída, foi realizada uma verificação técnica preliminar (testes exploratórios) para garantir sua viabilidade, estabilidade e funcionalidade de forma rápida e com baixo custo. Além disso, foram incluídos *placeholders* visuais para possibilitar ajustes futuros baseados no *feedback* de usuários reais, conforme pode ser observado na Figura 4.

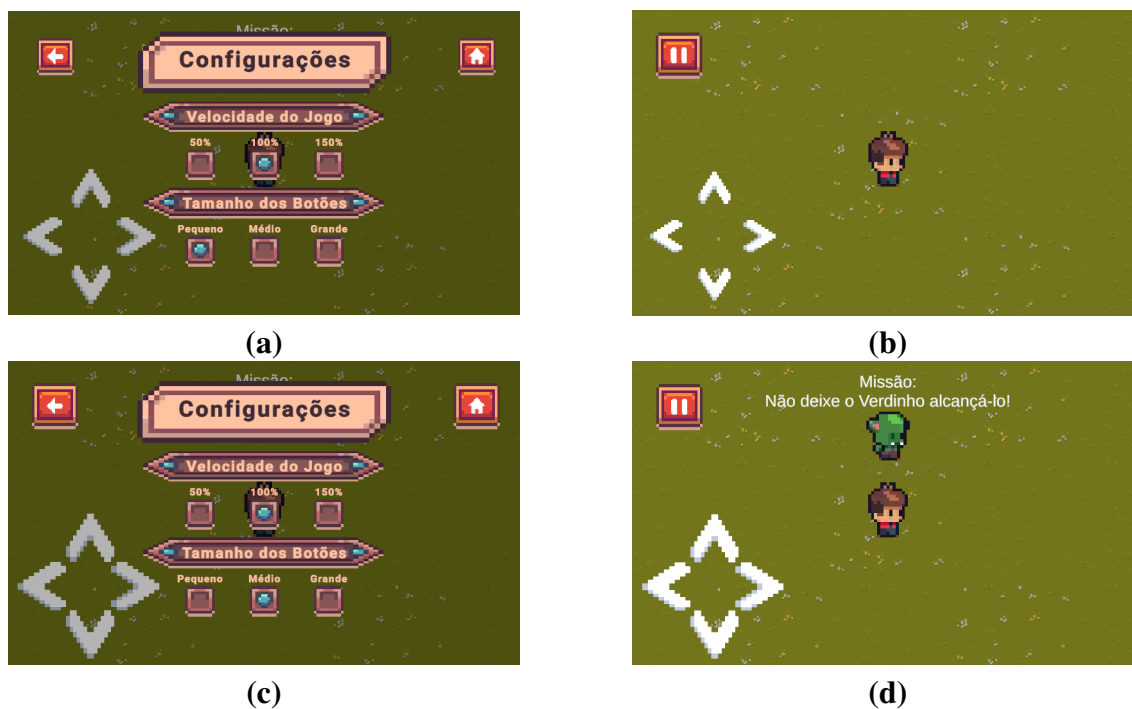


Figura 4. Funcionalidade de Acessibilidade em protótipo de jogo: (a) Configurações sem alteração; (b) Status do jogo sem alteração visual; (c) Configurações com alteração; (d) Status do jogo com alteração visual.

O protótipo incluiu exemplos práticos de uso para cada componente acessível, como: botões com áreas clicáveis expandidas, navegação por toque, opções de configuração personalizáveis (como tempo de resposta e redimensionamento adaptável), e scripts que automatizam processos de acessibilidade no fluxo de *gameplay*. Essa versão foi documentada em formato técnico e acompanhada de um pequeno guia de integração

para desenvolvedores iniciantes. A prototipagem também envolveu a criação de um jogo digital como demonstração do uso dos principais componentes acessíveis do pacote, simulando uma aplicação em um jogo educacional simples. A cena permitiu testar a integração entre os *scripts* e validar a proposta de acessibilidade aplicada na prática.

5. A **Etapa de Validação** teve como objetivo testar a eficácia e a usabilidade do *MotorAccessGamePack* com base em interações reais com usuários e desenvolvedores, utilizando os princípios do Design Participativo. Os testes e avaliações foram realizados no período de uma semana, totalizando dez participantes, sendo dois usuários com deficiência motora, dois especialistas em jogos e 6 estudantes da área da computação com habilidades e conhecimentos em jogos digitais e educacionais.

O procedimento estabelecido consistiu nas seguintes etapas de testes (Figura 5):

(i) **Antes:** sendo realizada a apresentação do pacote aplicado dentro do protótipo de jogo educacional, o seu funcionamento e suas características.

(ii) **Após:** os testadores realizaram a avaliação por meio de questionários, aplicados com estudantes, professores e desenvolvedores, envolvidos em projetos de jogos educacionais. Possibilitando a mensuração da percepção dos avaliadores quanto à facilidade de uso, clareza das funcionalidades e utilidade dos recursos de acessibilidade oferecidos. Os testes foram realizados em ambiente controlado e com registro de observações das dificuldades encontradas, dos pontos positivos e sugestões dos participantes, realizando intervenções pedagógicas quando necessário.

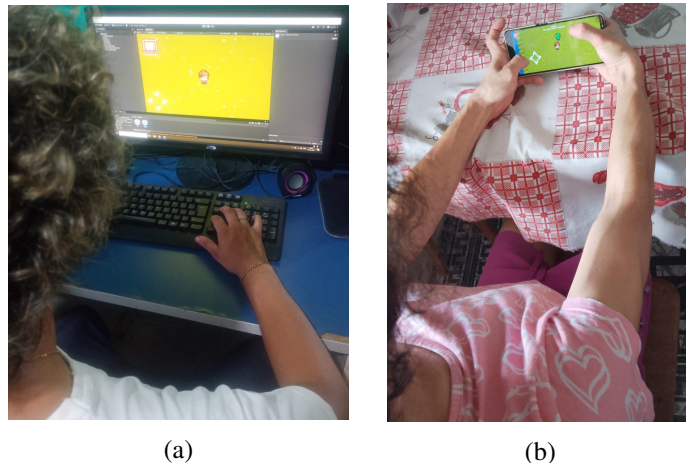


Figura 5. Testes realizados pelos participantes e público alvo do estudo

Para garantir a conformidade ética, foram emitidos termos de consentimento livre e esclarecido para os participantes, as imagens utilizadas no relatório foram tratadas com anonimidade, conforme recomendações institucionais. Os métodos de análise e mensuração de dados foram utilizados e adaptados com base em questões de avaliativas elaboradas por [Mourão 2019].

6. Resultados e Reflexões

Os resultados da validação do *MotorAccessGamePack* foram obtidos através de uma análise e discussão crítica dos dados coletados por meio de instrumentos de avaliação específicos.

1. O **Questionário System Usability Scale (SUS)**: foi aplicado para avaliar a usabilidade, seguindo a estrutura padrão onde as questões de índice ímpar são afirmativas positivas e as de índice par são negativas, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Avaliação de Usabilidade

No.	Item (Escala Likert 1 a 5)	Tipo	Média da Pontuação (0-4)
1	Eu acho que gostaria de usar esse pacote de funcionalidades de acessibilidade motora em jogos educacionais digitais com frequência.	Favorável	3.8
2	Considerarei o pacote de funcionalidades de acessibilidade motora mais complexo do que o necessário.	Desfavorável	3.6
3	Achei o pacote de funcionalidades de acessibilidade motora fácil de utilizar.	Favorável	3.9
4	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este pacote de funcionalidades de acessibilidade motora em jogos educacionais digitais.	Desfavorável	3.7
5	Considerarei que as várias funcionalidades deste pacote de acessibilidade estavam bem integradas.	Favorável	3.5
6	Achei que este pacote de funcionalidades de acessibilidade motora tinha muitas inconsistências.	Desfavorável	3.5
7	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este pacote de funcionalidades de acessibilidade motora em jogos educacionais digitais.	Favorável	3.8
8	Considerarei o pacote de funcionalidades de acessibilidade motora muito complicado de utilizar.	Desfavorável	3.4
9	Senti-me muito confiante ao utilizar este pacote de funcionalidades de acessibilidade motora.	Favorável	3.7
10	Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este pacote de funcionalidades de acessibilidade motora.	Desfavorável	3.3
Soma da Média dos Pontos (0-40)			36.2
Pontuação Final do SUS (Score × 2.5)			90.5
Média Mínima Aceitável (Benchmark)			68

A análise SUS, indicou que grande parte dos usuários considerou o pacote eficaz em integração e configuração dentro do ambiente *Unity*, com destaque positivo para as funcionalidades de alteração de velocidade de execução do jogo e ampliação de áreas clicáveis. A taxa média de aceitação nas escalas aplicadas foi satisfatória, alcançando a nota de 89,75 pontos, demonstrando boa usabilidade e percepção de acessibilidade, apresentando alta aderência com os critérios técnicos das diretrizes *GAG*, *WCAG 2.2* e

ABNT NBR 17225. Estes resultados demonstram que o pacote se diferencia por fornecer soluções práticas, reutilizáveis e alinhadas ao desenvolvimento de artefatos educacionais acessíveis.

2. A **Avaliação Heurística de Acessibilidade**: tem foco na interface e experiência do usuário, sendo composta por sete perguntas. Destas, seis são afirmativas positivas, exceto a que aborda a poluição visual e sobrecarga de conteúdo, que é formulada como uma afirmativa negativa. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Avaliação Heurística de Acessibilidade

Critério de Avaliação	*	v	X	N/A	Média (1-5)
1. Movimento e Interação (Foco em Acessibilidade Motora)					
As funcionalidades são organizadas, visíveis e fáceis de usar?		v			4.3
O tempo limite é desativado ou controlável pelo usuário?				N/A	-
Assets auxiliam na compreensão das funcionalidades?		v			4.6
Ausência de Poluição Visual (inversa)		v			1.7
2. Suporte à Entrada e Saída (Foco em TA e Visual)					
Apresenta descrição para funcionalidades não textuais?	*				3.8
Possui texto explicativo das funcionalidades?		v			4.4
É compatível com Tecnologias Assistivas (TA)?		v			4.3
Utiliza de forma adequada cores e fontes?	*				3.9

3. A **Avaliação de Acessibilidade**, mostrou que a maioria das questões obtiveram avaliações positivas de 60%, indicando que os recursos implementados no pacote são claros, possuem qualidade quanto aos *assets*, usam de forma adequada as cores e fontes, e apresentam compatibilidade com Tecnologias Assistivas. Em síntese, os dados reforçam a aplicabilidade do pacote como apoio efetivo no desenvolvimento de jogos digitais educacionais acessíveis para usuários com deficiência motora.

A **análise descritiva das observações** realizadas durante o processo de validação evidenciou comportamentos recorrentes dos participantes, permitindo identificar ajustes necessários no pacote. Usuários e desenvolvedores destacaram a demanda por controles que utilizem a função de *slider* na configuração, maior clareza nas telas de ajustes e mecanismos de confirmação ao salvar ou descartar alterações. Com base nessas observações, foram realizadas melhorias de forma iterativa, que incluíram o refinamento dos layouts, a reorganização de menus, a simplificação de fluxos de navegação e a remoção de funcionalidades pouco eficazes. Esses ajustes contribuíram para a consolidação das ferramentas mais utilizadas e para a maior estabilidade da versão final do *MotorAccessGamePack*.

As principais limitações desta pesquisa estão relacionadas ao contexto de aplicação e ao escopo dos testes realizados. A ausência de acesso a projetos completos de jogos digitais feitos para plataforma *Unity*, foi um dos fatores que restringiu a validação do *MotorAccessGamePack* a cenários controlados, impedindo a análise de seu funcionamento em arquiteturas mais complexas. Assim como, o número reduzido de participantes e o tempo curto de interação, limitando a observação de usos prolongados, dificultando a identificação de ajustes finos e de padrões de acessibilidade que emergem apenas em sessões estendidas. Além disso, algumas funcionalidades apresentaram uma pontuação

reduzida durante os testes, o que indica a necessidade de revisões internas e de ampliação das estratégias de avaliação em versões futuras.

7. Conclusão

Este trabalho apresenta o *MotorAccessGamePack*, um pacote de funcionalidades acessíveis motoras desenvolvido na plataforma *Unity*, dedicado à criação de Jogos Educativos Digitais inclusivos. Seu desenvolvimento é embasado em diretrizes internacionais e nacionais de acessibilidade, incluindo GAG, WCAG 2.2 e ABNT NBR 17225, e integra os princípios do Design Universal para Aprendizagem e a abordagem de Design Participativo. A validação inicial do pacote foi conduzida em ambiente controlado, contando com a participação de dois usuários com deficiência motora, garantindo uma avaliação representativa e a comprovação da efetividade do recurso.

As avaliações de usabilidade e aceitação do *MotorAccessGamePack* resultaram em indicativos positivos, demonstrando seu potencial para ampliar a acessibilidade de JEDs na *Unity*, especialmente para usuários com deficiência motora. Foram destacadas a utilidade e a funcionalidade de recursos como o redimensionamento de botões e o ajuste de velocidade de execução do jogo, com o pacote sendo considerado de fácil integração para desenvolvedores. Contudo, a avaliação crítica também identificou oportunidades de melhoria, como a necessidade de incluir uma funcionalidade de restauração de configurações padrão, oferecer alternativas de configuração (ex.: sliders) e implementar alertas de confirmação para alterações (salvar/descartar). Tais observações, embora pontuais, servirão como guia para o aprimoramento contínuo do artefato.

O *MotorAccessGamePack* mostrou-se um recurso útil e funcional no contexto da produção de JEDs acessíveis e uma grande contribuição para área de Educação e Computação. Como próximos passos, propõe-se a expansão do suporte do pacote para outras deficiências (visual e cognitiva), a integração de leitores de tela e a disponibilização do recurso em repositórios abertos, acompanhado de documentação acessível. Por fim, planeja-se a realização de novos testes de validação com públicos diversos para garantir o aprimoramento contínuo e a robustez do pacote no ecossistema de desenvolvimento de jogos educacionais.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Declaramos que as ferramentas de Inteligência Artificial (IA) não foram utilizadas para escrita e desenvolvimento desse estudo, os autores prezaram pela autoria e originalidade das pessoas autoras da pesquisa. Todas as decisões metodológicas, aplicação, análises de dados e interpretações foram realizadas exclusivamente pelos autores. Nenhuma ferramenta de IA contribuiu para o conteúdo científico, afirmações ou as conclusões deste artigo.

Referências

- Andrade, L. H., Costa, R. M., and Werneck, V. M. (2021). Acessibilidade em jogos: Um mapeamento sistemático. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 840–848, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Araújo, M. C. C., Façanha, A. R., and Viana, W. (2020). Desafios para o design, desenvolvimento e avaliação de jogos acessíveis. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de*

- Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 1124–1126, Recife, Brasil. SBC. Workshop GrandGamesBR.
- Araújo, T. P. d. and Leite, M. A. R. (2025). Os direitos e a proteção das pessoas com deficiência À luz da lei nº 13.146/2015 e os avanços e desafios na efetivação do estatuto da pessoa com deficiência. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 11(5):7825–7838.
- Belarmino, G., Beda, J., Ferreira, P., and Goya, D. (2021). Critérios de acessibilidade para jogos educacionais digitais que visam o desenho universal. In *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 667–678, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Brasil (2015). Regulamentação de artigos da lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. Disponível em <https://www.gov.br/mdh/pt-br/navegue-por-temas/pessoa-com-deficiencia/acoes-e-programas>. Acesso em: 29 mai. 2025.
- Brasil (2023a). Brasil tem 18,6 milhões de pessoas com deficiência, indica pesquisa divulgada pelo ibge e mdhc. Disponível em <https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2023/julho>. Acesso em: Mar. 20, 2025.
- Brasil (2023b). Matrículas na educação especial chegam a mais de 1,7 milhão. Disponível em <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar>. Acesso em: Mar. 20, 2025.
- Brasil (2025a). Base nacional comum curricular. Acesso em: Feb. 25, 2025.
- Brasil (2025b). Norma brasileira de acessibilidade digital - nbr 17225. Disponível em <https://www.abntcolegao.com.br/mpf/grid.aspx>. Acesso em: Mar. 14, 2025.
- Brenda, F., Macena, J., Teixeira, L., Pires, F., and Pessoa, M. (2024). Design participativo de jogos educacionais: explorando perspectivas infantis e uso do pensamento computacional. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 2826–2835, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Costa-Renders, E. C., Bracken, S., and Aparício, A. S. M. (2020). O design universal para aprendizagem e a pedagogia das estações: as múltiplas temporalidades/espacialidades do aprender nas escolas. *Educação em Revista*, 36:e229690.
- Costanzi, N., Koga, A., and Brandão, A. (2022). Prototipação com design participativo de um jogo digital sobre igualdade de gênero. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 388–397, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Denardin, R. G., Londero, F. T., Kurtz, G. C., da Silva, R. F., and Orselli, M. I. (2019). Acessibilidade nos jogos digitais como meio de inclusão social. In *Proceedings of the XVIII SBGames – Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 835–838, Rio de Janeiro, Brasil. SBC. Culture Track – Short Papers.
- GAG (2025). Game accessibility guidelines. Disponível em <http://gameaccessibilityguidelines.com>. Acesso em: Feb. 25, 2025.

- Góes, A. R. T. and Costa, P. d. (2022). Do desenho universal ao desenho universal para aprendizagem. *Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva*, 1:1.
- Lima, J. V., Souza, E. P., and de Melo, A. C. (2019). Repassistive: um repositório de recursos educacionais para educandos com necessidades educacionais específicas. In *Anais do IV Congresso sobre Tecnologias na Educação*, pages 289–298, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Mourão, A. B. (2022). Tecnologias digitais e práticas pedagógicas na educação profissional e tecnológica: conceitos e aplicação. *Tecnologias Educacionais para a Docência em Educação Profissional e Tecnológica*.
- Mourão, A. B. and Netto, J. F. (2020). Modelo inclusivo de desenvolvimento de objetos de aprendizagem acessíveis para apoiar a educação inclusiva. In *Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 42–51. SBC.
- Mourão, A., Ribeiro, D., Junior, G. S., Jardim, H., and Monteiro, P. (2024). Meitea: Modelo educacional inclusivo desenvolvido para orientar e recomendar estratégias educacionais e adaptações para estudantes com tea no ensino superior. In *Anais do III Workshop de Pensamento Computacional e Inclusão*, pages 106–117, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Mourão, A. B. (2019). *Modelo Inclusivo de Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Acessíveis*. Tese (doutorado em informática), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.
- Mourão, A. B. and Netto, J. F. M. (2018a). Inclusive model for the development and evaluation of accessible learning objects for graduation in computing: A case study. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–8.
- Mourão, A. B. and Netto, J. F. M. (2018b). Inclusive model for the development and evaluation of accessible learning objects for graduation in computing: A case study. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–8.
- Naidon, A. D. d. C., Bernardi, G., and Cordenonsi, A. Z. (2023). Diretrizes de acessibilidade para surdos como apoio ao desenvolvimento e avaliação de jogos digitais. *RENOTE*, 21(1):149–159.
- Pereira, I. L., Guimarães, A. J., Nascimento, J. S., Neto, S. J. C., and de Souza, R. A. C. (2019). Aplicação do design thinking para educadores no desenvolvimento de uma solução inovadora. *Brazilian Journal of Development*, 5(7):7676–7686.
- Silva, A., Schirmer, L., Jardim, H., Belarmino, D., Garcia, D., and Mourão, A. (2025). Pythoncraft: Jogo educacional para reforçar a aprendizagem de python, utilizando a plataforma minecraft education. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1094–1107, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Silva, I. R. d., Freitas, T. N., Araújo, N. F. M. d., Sousa, D. L. d. S., Araújo Júnior, M. A. d., Medeiros, A. M., and Silva, R. S. (2021). Accessibility in times of remote teaching. *Research, Society and Development*, 10(4):e60010414966.
- W3C (2024). Web content accessibility guidelines (wcag) 2.2. Disponível em <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>. Acesso em: Feb. 25, 2025.

Zabot, D., Andrade, S., and Matos, E. (2019). Game design participativo com crianças surdas e com deficiência auditiva: uma experiência no ensino fundamental. In *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*, pages 49–58, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

Zeng, J., Parks, S., and Shang, J. (2020). To learn scientifically, effectively, and enjoyably: A review of educational games. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2.