

Transformando o Ensino de Matemática na Educação Básica: O Impacto das Tecnologias de Realidade Aumentada e Virtual

Wallela Martinek
UNIOESTE
Foz do Iguaçu, Brasil
wallela82@gmail.com

Adriano Peretti
Itaipu Parquetec
Foz do Iguaçu, Brasil
adriano.peretti@gmail.com

Claudio R. M. Mauricio
UNIOESTE
Foz do Iguaçu, Brasil
claudio.mauricio@unioeste.br

João Marcelo Teixeira
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, Brasil
joao.teixe@ufpe.br

Abstract—This article explored the integration of immersive technologies, such as augmented reality (AR) and virtual reality (VR), in mathematics education at the elementary level, focusing on how these technologies can transform traditional pedagogical methods. The main objective was to evaluate the effectiveness of an educational game developed in Unity, aimed at teaching the four fundamental mathematical operations to elementary students. The method adopted consisted of bibliographic research, which involved analyzing recent literature to explore the impact and effectiveness of AR and VR in education. Fundamental works such as the one from Tori, Hounsell, and Kirner on the potentialities of virtual reality and Delgado Lopes et al. on the application of augmented reality in the educational context were examined. The review of the studies showed that the use of interactive interfaces and game mechanics, designed through Unity, can significantly improve students' understanding and engagement in mathematics. It was concluded that AR and VR not only reinforce mathematical learning but also meet the diverse learning needs of students, promoting a more inclusive education.

Keywords—Augmented Reality; Virtual Reality; Mathematics Education; Educational Technology; Unity.

Resumo — Este artigo investigou a integração de tecnologias imersivas, como realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV), no ensino de matemática na educação básica, focando em como essas tecnologias podem transformar métodos pedagógicos tradicionais. O objetivo principal foi avaliar a eficácia de um jogo educativo desenvolvido em Unity, destinado a ensinar as quatro operações matemáticas fundamentais aos alunos do ensino fundamental I. O método adotado consistiu em uma pesquisa bibliográfica, que envolveu a análise de literatura recente para explorar o impacto e a eficácia da RA e RV na educação. Trabalhos fundamentais como Tori, Hounsell e Kirner, sobre as potencialidades da realidade virtual, e de Delgado Lopes et al., sobre a aplicação da realidade aumentada no contexto educacional, foram examinados. A revisão dos estudos mostrou que o uso de interfaces interativas e mecânicas de jogo, projetadas através do Unity, pode significativamente melhorar a compreensão e o engajamento dos alunos em matemática. Concluiu-se que a RA e a RV não apenas reforçam o aprendizado matemático, mas também atendem as di-

versas necessidades de aprendizagem dos alunos, promovendo uma educação mais inclusiva.

Palavras-chave—Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Educação Matemática; Tecnologia Educacional; Unity.

I. INTRODUÇÃO

Quando ensinamos novas habilidades às crianças, é importante tornar o processo mais fácil. Isso permite que as crianças absorvam o conhecimento de forma mais eficaz. Alguns estudos mostram que ensinar com ferramentas de aprendizagem tecnológicas pode ser muito útil no sentido de que fornece recursos que tornam as atividades mais envolventes e promovem a aprendizagem através da interação.

Os jogos são um interessante recurso que pode ser utilizado na prática pedagógica para despertar o interesse dos estudantes e auxiliar na compreensão dos conceitos. Conforme Boller e Kapp [1], jogos são atividades que possuem objetivo, desafio, regras, interatividade e feedback. Os “Jogos de aprendizagem” são destinados a ajudar os jogadores a desenvolver suas habilidades e novos conhecimentos, ou a reforçar os já existentes [1].

Os jogos digitais, em particular, têm se destacado como ferramentas eficazes para facilitar o aprendizado devido à sua capacidade de combinar educação e entretenimento de maneira coesa. Com o advento de tecnologias imersivas, como a realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV), surge uma nova dimensão de possibilidades pedagógicas que podem transformar o ensino tradicional, tornando-o mais interativo e acessível.

Apesar dos avanços tecnológicos na educação, muitos estudantes enfrentam dificuldades significativas no aprendizado de matemática, um componente curricular fundamental para o desenvolvimento cognitivo e profissional. A falta de recursos educativos que combinem interatividade, engajamento e personalização, contribuiu para essa proble-

mática, especialmente no ensino fundamental, onde a base para futuros conhecimentos acadêmicos e práticos foi estabelecida. Novas mídias e metodologias, como os jogos digitais educativos, podem abrir portas para um aprendizado mais dinâmico, engajador e eficaz.

Segundo Anetta [2], o sistema educacional atual está desatualizado e tenta educar uma nova geração de alunos usando métodos e ferramentas antigas, fazendo com que os alunos percam o interesse em aprender e se distraiam. Podemos usar os jogos educativos como ferramentas para o ensino. Eles trazem diversos recursos que estimulam à aprendizagem e o raciocínio, pois permitem ao usuário interagir com o mundo do jogo, criando novas experiências e conceitos, gerando assim conhecimento. Isso os torna ótimos recursos pedagógicos [3]. O projeto proposto visa abordar essas lacunas por meio do desenvolvimento de um jogo educativo em realidade aumentada e virtual, focado nas quatro operações matemáticas fundamentais. A utilização de RA e RV é justificada pela capacidade dessas tecnologias de proporcionar uma experiência de aprendizado mais rica e envolvente, que possa melhorar a compreensão e a retenção de conceitos matemáticos complexos. Além disso, essas tecnologias se mostraram especialmente valiosas para atender às necessidades de aprendizado de estudantes com estilos e ritmos diferentes, promovendo uma educação mais inclusiva.

A incorporação de jogos educacionais nas salas de aula não só impacta os alunos, mas também os professores, que assumem o papel de facilitadores além de simplesmente transmitir informações [4]. Os jogos educativos visam principalmente ensinar de forma prática, usando experiências e interações. Por isso, é crucial que esses jogos cumpram critérios pedagógicos, embora isso às vezes os torne menos divertidos. É essencial encontrar um meio-termo entre a diversão e o aspecto educacional. [5].

O objetivo geral deste projeto é avaliar a eficácia de um jogo educativo desenvolvido com realidade aumentada e virtual, projetado especificamente para ensinar as quatro operações matemáticas fundamentais a alunos do ensino fundamental. Além disso, os objetivos específicos do estudo se concentram em duas áreas principais. Primeiro, busca-se revisar a literatura para identificar as melhores práticas e teorias relacionadas ao design de interfaces interativas que utilizem realidade aumentada e virtual, com um enfoque no ensino de matemática. Este esforço inclui a exploração de como o motor de jogo Unity pode ser utilizado para criar interfaces que sejam não apenas intuitivas, mas também eficazes para os usuários finais. Em segundo lugar, o projeto visa investigar, por meio de estudos bibliográficos as mecânicas de jogo que são mais eficazes para fomentar o raciocínio lógico e

a resolução de problemas em contextos educativos digitais, especialmente aqueles que empregam realidade aumentada e virtual. E verificar a validação com os professores do Ensino Fundamental I. Uma atenção especial é dada a como o Unity ¹, atuando como uma ferramenta de desenvolvimento, pode facilitar a implementação dessas mecânicas de jogo de modo a melhorar significativamente o engajamento e a aprendizagem dos alunos.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste projeto consiste em uma pesquisa bibliográfica e o desenvolvimento de um jogo de matemática que utiliza a tecnologia passthrough dos óculos Meta Quest 3 que foi desenvolvida em Unity 3D e aplicação com os professores da Escola Municipal Gabriela Mistral, no Estado do Paraná, Sul do Brasil, que é de grande ajuda para este estudo. No que se refere aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso de investigação empírica, que permite estudar fenômenos dentro da conjuntura atual [6]. De acordo com Amaral [7], é focado na análise documental de fontes secundárias. A técnica de análise de conteúdo será aplicada para examinar e interpretar dados obtidos de artigos acadêmicos, teses, dissertações e relatórios de conferências relacionadas ao uso de realidade aumentada e virtual na educação, especialmente em matemática. Os dados serão coletados de forma sistemática, iniciando com uma busca extensiva nas bases de dados acadêmicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar e databases específicos de educação e tecnologia. Critérios de inclusão foram definidos para selecionar estudos que focaram especificamente na utilização de RA e RV no Ensino de matemática. A seleção foi baseada em palavras-chave como “realidade aumentada”, “realidade virtual”, “Ensino de matemática”, e “mecânicas de jogo”. Os artigos foram escolhidos com base na relevância para os temas de design de interfaces interativas e eficácia de mecânicas de jogo dentro do contexto educativo, avaliando a profundidade de análise e à aplicabilidade das tecnologias de realidade aumentada e virtual. A inclusão de estudos foi determinada por critérios como relevância temática direta, detalhamento metodológico, e a existência de resultados quantificáveis e replicáveis que contribuam para a compreensão do impacto da RA e RV no Ensino de matemática. A exclusão de materiais foi aplicada a estudos que não possuam foco explícito em educação, aqueles que não discutam as tecnologias de RA e RV especificamente, ou que ofereçam apenas discussões superficiais ou especulativas sem base empírica ou teórica sólida. Artigos com mais de dez anos foram utilizados apenas se continuarem a ser referenciados por trabalhos mais recentes, indicando sua relevância e contribuição contínua para o campo da educação tecnológica, ou se abordam aspectos históricos fundamentais

¹<http://www.unity.com>

para a compreensão das evoluções nas práticas pedagógicas com RA e RV.

III. RELEVÂNCIA PARA A LINHA DE PESQUISA ESCOLHIDA

Este estudo se alinha diretamente com a linha de pesquisa de tecnologia educacional e inovação pedagógica, explorando o uso de realidade aumentada e virtual para efetivar a aprendizagem no ensino fundamental. Ele busca avançar no entendimento das práticas pedagógicas que integram novas tecnologias, destacando a necessidade de inovação contínua na educação para atender às exigências do século XXI. Além disso, o estudo pretende inspirar futuros desenvolvimentos e pesquisas em tecnologias educacionais, tornando-se uma referência essencial para educadores, desenvolvedores de software educacional e pesquisadores.

A compreensão do termo “virtual,” conforme descrito por Tori, Hounsell e Kirner [8], é fundamental para este projeto. Eles definem “virtual” como “potencial” (do latim virtus, significando força, energia, potência), indicando que um elemento virtual possui o potencial para se tornar real. Por exemplo, as sementes de café tem o potencial para se transformar tanto em um café quanto em plantas de café.

Similarmente, um arquivo digital que representa um modelo 3D de uma chaleira pode se tornar uma chaleira física através de uma impressora 3D ou pode ser exibido como uma imagem em um tablet. Essa dualidade é crucial para entender a natureza da realidade virtual, que busca fundir o real com o virtual, uma fusão que foi articulada primeiramente por Jaron Lanier, que cunhou o termo Realidade Virtual no final dos anos 1980. A história da realidade virtual mostra que, mesmo antes de ser oficialmente nomeada, já existiam pesquisas e desenvolvimentos que estabeleciam as bases para essa tecnologia. Este contexto histórico e conceitual reforça a relevância do estudo atual, que não apenas segue, mas também contribui para a trajetória de inovações em tecnologia educacional.

IV. INOVAÇÃO PEDAGÓGICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO DE QUIZ DE MATEMÁTICA EM REALIDADE MISTA COM REFERÊNCIAS TEÓRICAS

A integração de tecnologias educativas, particularmente a realidade mista, no cenário educacional contemporâneo, tem demonstrado um potencial significativo para transformar o ensino e a aprendizagem. De acordo com Tori, Hounsell e Kirner [8], a realidade virtual e aumentada oferece um meio eficaz de combinar elementos virtuais e físicos, enriquecendo a experiência educacional através da interatividade e imersão. Inspirado por estas possibilidades, desenvolveu-se um projeto inovador, utilizando a realidade mista para ensinar matemática

básica, demonstrando como essas tecnologias podem ser integradas em práticas pedagógicas convencionais.

Delgado Lopes et al. [9] destacam que a realidade aumentada tem um impacto significativo no envolvimento e compreensão dos alunos em várias disciplinas, reforçando a importância da interação visual e tátil na aprendizagem. Este projeto foi executado utilizando o Unity 3D utilizando C# e o kit de desenvolvimento de software da Meta. Esse SDK forneceu ferramentas, como os BuildingBlocks, que são blocos pré-programados que podem facilitar a criação de aplicações educativas interativas. Alinhando-se com as recomendações de Sobrinho Júnior e Mesquita sobre a integração da realidade aumentada com materiais didáticos tradicionais. O desenvolvimento começou com a criação de equações matemáticas interativas, um processo que incorporou elementos visuais 3D para representar problemas matemáticos, conforme descrito por Schiavoni [10], que explora a lógica do espaço na realidade virtual para facilitar a compreensão conceitual. Estes elementos foram então integrados em um ambiente de quiz que testa e reforça o conhecimento matemático dos alunos em vários níveis de dificuldade.

A. Etapa 1: Geração de Equações Matemáticas

Esta fase do desenvolvimento consistiu na criação de um Layout contendo a lógica de programação (exemplo na Figura 1) responsável por gerar equações matemáticas básicas, onde um dos elementos é uma incógnita, como por exemplo “ $4 + ? = 9$ ”. As equações variam de acordo com o nível de dificuldade:

- Nível 1: Soma e subtração de dezenas.
- Nível 2: Soma, subtração, multiplicação e divisão de dezenas.
- Nível 3: Todas as operações básicas até centenas.
- Nível 4: Todas as operações básicas até milhares.



Fig. 1. Criação do layout inicial.

Para testar a lógica de criação de equações, esse layout utilizava elementos de canvas 2D para definir a dificuldade,

um campo de texto para apresentar a equação, um campo para o usuário inserir a resposta, um botão para confirmar a resposta e um campo de texto para feedback.

B. Etapa 2: Instanciação de Equações no Mundo 3D

Esta etapa envolveu o desenvolvimento da lógica responsável por instanciar as equações geradas e posicioná-las no ambiente 3D (Figura 2). Utilizou-se blocos 3D representando números e operadores matemáticos.

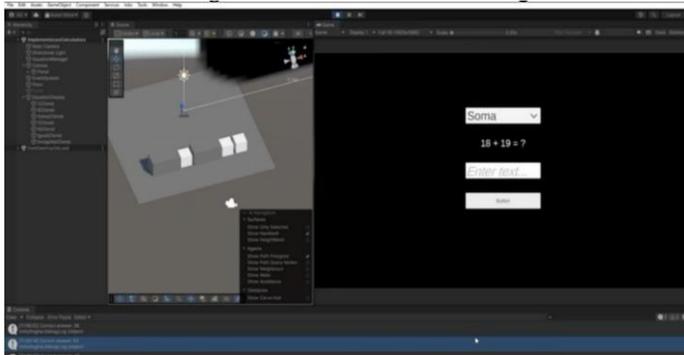


Fig. 2. Desenvolvimento da lógica.

C. Etapa 3: Leitura de Respostas do Usuário

Nesta etapa, desenvolveu-se um layout contendo a lógica de programação responsável por ler a resposta fornecida pelo usuário utilizando blocos 3D no ambiente 3D (Figura 3). Este layout utiliza colisores como gatilhos para detectar quais números estão dentro de uma área, transformando a informação de blocos 3D em uma variável de texto que será utilizada na resposta do usuário.

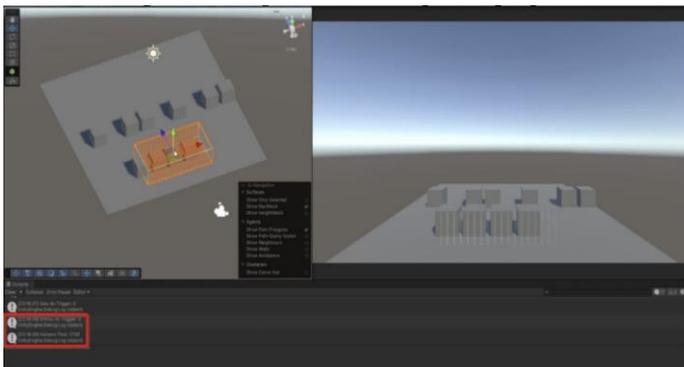


Fig. 3. Layout contendo a lógica de programação.

D. Etapa 4: Criação e Posicionamento do Tabuleiro 3D

Para organizar a disposição das equações, triggers e blocos numéricos, criou-se um tabuleiro 3D (Figura 4). Posteriormente, foi desenvolvido um layout para posicionar este tabuleiro no mundo real, utilizando filtros para selecionar superfícies apropriadas como mesas, armários e o chão. O principal desafio no desenvolvimento de toda essa aplicação foi a implementação dessa funcionalidade de posicionamento.

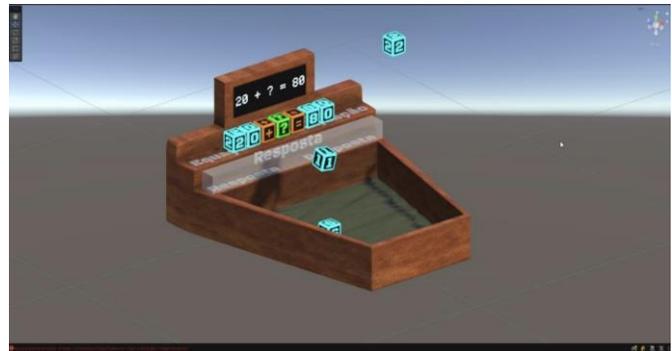


Fig. 4. Criação do tabuleiro 3D.

E. Etapa 5: Gerenciamento das Etapas do Jogo

A última etapa do desenvolvimento consistiu na criação de um layout para gerenciar o fluxo do jogo (Figura 5), dividido em três estágios:

- 1) Configuração do Ambiente: O usuário posiciona o tabuleiro no espaço real.
- 2) Apresentação das Equações e Blocos: As equações são apresentadas no tabuleiro, juntamente com os blocos disponíveis para resposta.
- 3) Verificação das Respostas: O layout verifica se a resposta do usuário está correta ou incorreta. Se correta, uma nova equação é apresentada; se incorreta, o usuário tem até três tentativas para acertar.

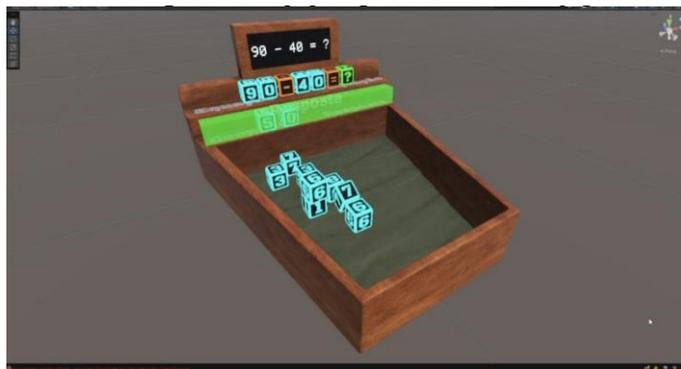


Fig. 5. Layout para gerenciar o fluxo do jogo.

V. DESIGN E INTERAÇÃO

Os blocos 3D foram projetados com cores chamativas para atrair a atenção das crianças e facilitar a identificação dos números e operadores. Atualmente, os usuários interagem com os blocos utilizando apenas os controles dos óculos Meta Quest 3. No entanto, a próxima etapa de desenvolvimento incluirá a implementação da interação utilizando o tracking das mãos, proporcionando uma experiência mais natural e intuitiva.

Os blocos 3D e o sistema de interação desenvolvidos utilizaram a tecnologia passthrough dos óculos Meta Quest 3, permitindo uma experiência imersiva que engaja os alunos de maneira ativa. Conforme Faria e Miranda observam, a realidade aumentada pode aumentar significativamente a compreensão dos alunos em ciências naturais, um princípio que se traduz bem para a matemática, conforme demonstrado neste projeto.

VI. VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o intuito de avaliar a efetividade do jogo de matemática em realidade aumentada, dez professores, após utilizá-lo (Figura 6), responderam a um questionário online sobre a sua experiência, abordando aspectos como a interatividade, o conteúdo e o potencial pedagógico da ferramenta. Foi utilizado um questionário online construído no Google Forms. O instrumento foi composto por 6 questões, abrangendo aspectos como: A eficácia de um jogo educacional usando RA e RV, a utilização de tecnologias imersivas no ensino de matemática no Ensino fundamental I, o impacto do estudo nas práticas educacionais etc. A coleta de dados ocorreu na data de 29 de julho de 2024, e contou com a participação de 15 professores, mas somente 10 responderam à pesquisa.

A docente, ao realizar testes com os óculos Meta Quest 3, em um jogo de realidade aumentada na Figura 6, explora novas metodologias de ensino interativo, visando potencializar o aprendizado das quatro operações matemáticas no Ensino



Fig. 6. Docente avaliando o jogo de realidade aumentada.

Fundamental. Essa prática pedagógica inovadora permite que os alunos visualizem os conceitos matemáticos de forma concreta e manipulem objetos virtuais, facilitando a compreensão e a resolução de problemas. A realidade aumentada, ao sobrepor elementos digitais ao mundo real, oferece um novo paradigma para o ensino da matemática, tornando-o mais dinâmico e motivador.

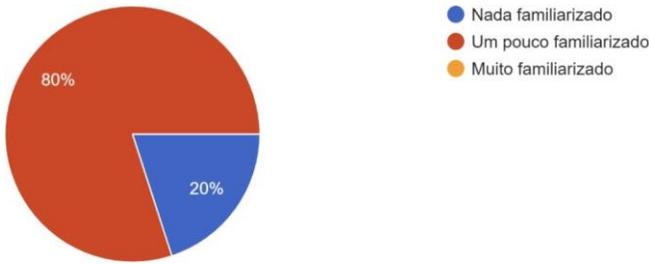


Fig. 7. Familiaridade com tecnologias imersivas. Gráfico gerado a partir de 10 respostas à seguinte pergunta: O quão familiarizado você está com tecnologias imersivas, como RV e RA?

A análise da Figura 7, que apresenta os dados da pesquisa sobre a familiaridade dos professores com tecnologias imersivas, demonstra um predomínio da categoria “Um pouco familiarizado” (80%), indicando um conhecimento básico sobre realidade aumentada e virtual. A ausência completa de respostas na categoria “Muito familiarizado” sugere que a compreensão aprofundada sobre essas tecnologias ainda não é comum entre os participantes.



Fig. 8. RA e RV pode melhorar o ensino de matemática no ensino fundamental? Gráfico gerado a partir de 10 respostas à seguinte pergunta: Você acredita que a utilização de tecnologias imersivas, como RA e RV, pode melhorar o ensino de matemática no ensino fundamental?

Observando a Figura 8 sobre o uso de Realidade Aumentada e Realidade Virtual no ensino fundamental de matemática, revelou-se um cenário positivo. 70% dos participantes (representados pela cor azul no gráfico) demonstraram grande otimismo, acreditando que essas tecnologias têm o potencial de transformar a forma como a matemática é ensinada e aprendida. Outros 30% (cor vermelha) enxergam benefícios, mas expressaram certa cautela quanto à eficácia dessas ferramentas na prática. É importante destacar que nenhum participante (cor laranja) se mostrou indiferente ao tema, indicando um alto nível de engajamento com a discussão.

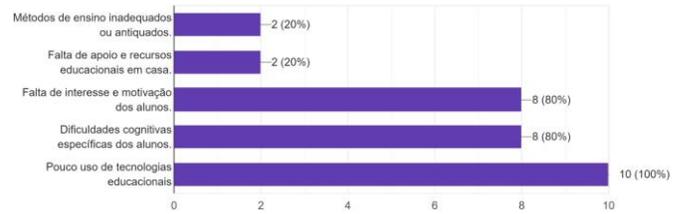


Fig. 9. Dificuldades em Matemática no Ensino Fundamental. Gráfico gerado a partir de 10 respostas à seguinte pergunta: Quais são os principais fatores que contribuem para as dificuldades dos alunos em matemática no ensino fundamental?

O gráfico apresentado na Figura 9 oferece uma visão geral dos principais fatores que, segundo os dados coletados, contribuem para as dificuldades dos alunos em matemática no ensino fundamental. A pesquisa, baseada em 10 respostas, revela uma hierarquia clara entre os fatores, com o pouco uso de tecnologias educacionais emergindo como o principal obstáculo, citado por todos os participantes (100%). Em seguida, destacam-se as dificuldades cognitivas específicas dos alunos e a falta de interesse e motivação dos mesmos, ambos mencionados por 80% dos participantes. Esses dados sugerem que as características individuais dos estudantes, tanto em termos de habilidades cognitivas quanto de engajamento com a disciplina, exercem um papel significativo nas dificuldades enfrentadas. Completando o quadro, os métodos de ensino inadequados ou antiquados e a falta de apoio e recursos educacionais em casa aparecem como fatores menos frequentes, mas ainda relevantes, sendo citados por 20% dos participantes cada.

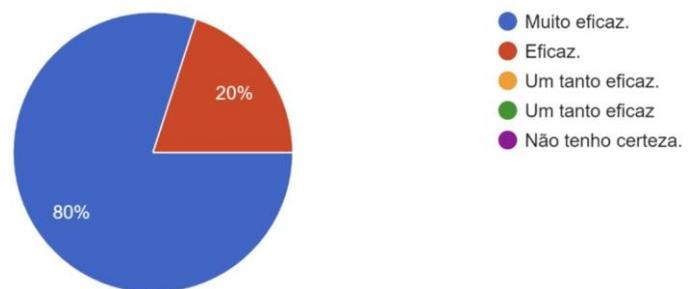


Fig. 10. Eficácia do Jogo Educacional usando RA e RV. Gráfico gerado a partir de 10 respostas à seguinte pergunta: O quão eficaz você acredita que um jogo educacional usando RA e RV poderia ser no ensino das quatro operações matemáticas fundamentais para alunos do ensino fundamental?

Os dados indicam que a maioria dos professores (80%) considera esse jogo como “muito eficaz” (Figura 10). Um

percentual menor (20%) os avaliou como “eficaz”. Não houve respostas indicando que os jogos são “um tanto eficazes” ou “não têm certeza”.

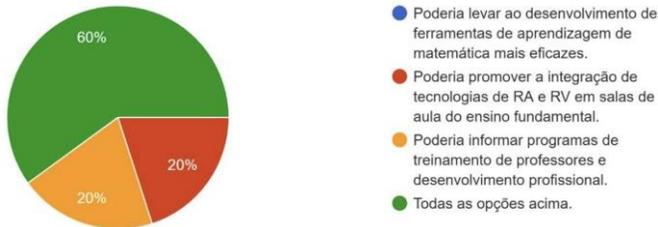


Fig. 11. Impacto na prática. Gráfico gerado a partir de 10 respostas à seguinte pergunta: Que impacto você acha que esse estudo poderia ter nas práticas educacionais?

De acordo com a pesquisa, a maioria dos participantes (60%) acredita que o estudo poderá impulsionar o desenvolvimento de ferramentas de aprendizagem de matemática mais eficazes, além de promover a integração de tecnologias como RA e RV nas escolas e aprimorar os programas de formação de professores (Figura 11).

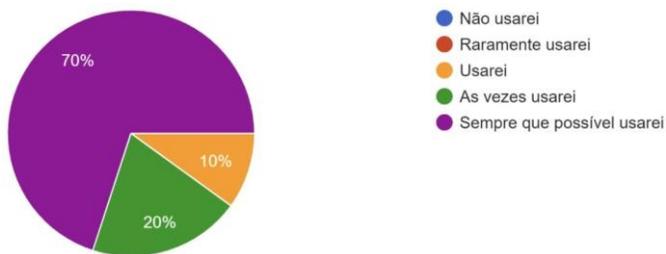


Fig. 12. Uso futuro da RA como ferramenta pedagógica. Gráfico gerado a partir de 10 respostas da seguinte pergunta: Qual a probabilidade de você usar futuramente RV ou RA como recurso pedagógico em sala de aula?

Os dados apresentados na Figura 12 indicam uma tendência positiva quanto à utilização da realidade aumentada em sala de aula. A maioria dos respondentes (70%) demonstra um grande interesse em utilizar essa tecnologia sempre que possível, demonstrando um alto potencial de adesão. Outros 20% indicam um uso moderado, utilizando a realidade aumentada em algumas ocasiões. Apenas uma pequena parcela (10%) expressou um uso definido.

VII. CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido que empregou realidade aumentada para facilitar o ensino de matemática, alcançou os objetivos propostos ao integrar eficazmente tecnologias imersivas em um ambiente educacional.

A aplicação de quiz de matemática, que utilizou a tecnologia passthrough dos óculos Meta Quest 3 e foi desenvolvida em Unity 3D, demonstrou como ferramentas avançadas de realidade aumentada e virtual podem ser aplicadas para criar uma experiência de aprendizado interativa e envolvente. Através da criação e instanciação de equações matemáticas em um ambiente 3D, o projeto não só capturou a atenção dos professores, mas também melhorou significativamente sua interação com conceitos matemáticos fundamentais. Além disso, a implementação de blocos numéricos 3D e a utilização de layouts para gerenciar o fluxo de jogo e as respostas dos professores demonstraram uma melhoria na compreensão e retenção de conhecimento matemático, atendendo às demandas do currículo educacional básico.

Adicionalmente, o projeto abordou a necessidade de inovações pedagógicas que respondam às características individuais dos alunos, promovendo uma educação mais inclusiva. A capacidade de ajustar o nível de dificuldade e a natureza interativa do quiz permitiram que os professores experimentassem com diferentes estilos e ritmos de aprendizagem se engajassem efetivamente com o material didático. As perspectivas futuras incluem a expansão da aplicação para incluir interações mais naturais, como o rastreamento das mãos, e a introdução de elementos gamificados que incentivem a competição saudável e a motivação entre os estudantes. Assim, este trabalho não apenas atende aos seus objetivos educacionais, mas também abre caminho para futuras investigações sobre a implementação de realidade mista na educação. Estimula-se, portanto, que mais pesquisas sejam realizadas sobre esse assunto, expandindo o escopo de aplicação das tecnologias imersivas e explorando suas potencialidades em diferentes contextos e disciplinas educacionais, a fim de maximizar os benefícios dessa inovadora abordagem pedagógica.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Escola Municipal Gabriela Mistral pelo apoio concedido para a realização desta pesquisa. Agradecemos também ao LabsCG, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná por disponibilizar os equipamentos e infraestrutura necessários para a condução dos experimentos. Um agradecimento especial aos professores Claudio Roberto Marquette Maurício, João Marcelo X. N. Teixeira e Fabiana Frata Furlan Peres pela orientação e incentivo durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, agradecemos à nossa família e amigos pelo apoio emocional e incentivo contínuo. Seu apoio incondicional foi uma fonte de motivação ao longo desta jornada.

Abaixo, segue um quadro comparativo com outras soluções educacionais similares:

REFERENCES

- [1] S. Bolter and K. Kapp, *Jogar para Aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes*. São Paulo: DVS Editora, 2018.
- [2] L. A. Annetta, “Video games in education: why they should be used and how they are being used,” *Theory Practice*, vol. 47, no. 3, pp. 229–239, 2008.
- [3] S. D. Sena, S. S. Schmiegelow, G. M. B. C. do Prado, R. P. L. de Sousa, and F. A. P. Fialho, “Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos na geração de novos conhecimentos,” *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 14, no. 1, 2016, acesso em: 15 maio. 2024. [Online]. Available: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/67323>
- [4] M. P. Gebran, *Tecnologias educacionais*. Curitiba: IESDE BRASIL SA, 2009.
- [5] T. R. Fortuna, “Sala de aula é lugar de brincar,” in *Planejamento em destaque: análises menos convencionais*. Porto Alegre: Mediação, 2000, pp. 147–164.
- [6] R. K. Yin, *Estudo de caso: planejamento e métodos*, 3rd ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- [7] J. J. F. Amaral, *Como fazer uma pesquisa bibliográfica*. Fortaleza, CE: Universidade Federal do Ceará, 2007.
- [8] R. Tori, M. da S. Hounsell, and C. Kirner, *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*, 3rd ed., 2020, pre-^o Simpósio SVR.
- [9] L. M. D. Lopes, K. N. S. Vidotto, E. Pozzebon, and H. A. Ferenhof, “Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática,” *Educ. Rev.*, vol. 35, 2019.
- [10] J. E. Schiavoni, “Realidade virtual e lógica do espaço,” *Galáxia (São Paulo)*, no. 39, pp. set.–dez., 2018.

Tecnologia solução	Descrição	Pontos fortes	Pontos fracos	Lacunas existentes
Realidade Aumentada/Virtual - Unity	Uso de RA/RV para criar um jogo de matemática interativo, focado nas quatro operações.	Engajamento alto; experiência imersiva; personalização para diferentes estilos de aprendizagem.	Complexidade técnica alta para implementação custo elevado de dispositivos de RV, como Meta Quest 3.	Dificuldade de adoção em larga escala nas escolas públicas devido a limitações de infraestrutura.
Plataforma Kahoot! (Sem RA/RV)	Aplicativo para quizzes gamificados em sala de aula, utilizado para diferentes disciplinas.	Facilidade de uso; acessibilidade; engajamento por meio de quizzes interativos com competição saudável.	Limitado a questionários simples; falta de experiência e interação com elementos visuais 3D.	Não explore mecânicas mais complexas ou imersivas como a RA/RV para aumentar a profundidade de aprendizado
Prodigy Math (Sem RA/RV)	Jogo online que usa mecânicas de RPG para ensinar matemática.	Alto engajamento; abordagem lúdica que mantém o interesse dos alunos.	Necessidade de conexão constante à internet; limitações para uso offline.	Falta de personalização para contextos educacionais específicos; baixa integração com tecnologias imersivas.
Expedições do Google (com RA, sem RV)	Ferramenta que permite explorar ambientes virtuais em realidade aumentada aplicada a diversas disciplinas.	Acessível a partir de dispositivos móveis; permite a exploração visual de conceitos complexos.	Foco limitado em explorações visuais, sem mecânicas interativas complexas como em Unity.	Potencial não explorado para jogos educativos em matemática; falta de gamificação aprofundada.
Matific (Sem RA/RV)	Plataforma de aprendizagem de matemática online, com atividades gamificada Adaptativa	Conteúdos alinhados com o currículo; uso de mecânicas adaptativas que ajustam a dificuldade conforme o aluno.	Experiência menos imersiva; não envolve tecnologias inovadoras como RA/RV.	Não proporciona uma experiência visual e manipulativa imersiva para reforçar conceitos abstratos.

Este quadro evidencia que, embora a solução baseada em Unity com RA e RV tenha sido bastante superior, outras plataformas apresentam vantagens como facilidade de uso e acessibilidade. As lacunas em cada solução revelam que uma abordagem híbrida, combinando tecnologias acessíveis com funcionalidades imersivas, pode maximizar o impacto pedagógico. Além disso, parcerias para treinamento docente e adaptações para dispositivos mais comuns são essenciais para garantir uma adoção eficaz.