

Acessibilidade na Realidade Aumentada: Aplicações Educacionais Inclusivas

Ana Paula de Oliveira Ramos*, Felipe da Silva Rieger*, Francisco Euzébio Silva*, Gabriel Antonielli Carvalho Farias*, João Pedro de Oliveira Cidade *, Leonardo Grübel Strey*, Ramiro Thoma Rockenbach*

*Senac RS Distrito Criativo . Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: anapauladeoliveiramos@yahoo.com.br

Abstract— Augmented Reality (AR) holds significant potential to transform education by creating immersive and interactive learning experiences. This project explores how AR can be utilized to enhance inclusion in education, with a particular focus on accessibility. The development involved theoretical research on accessibility and AR, the selection of technologies such as *Meta Quest 2* glasses and *Unity3D* software, and the creation of adaptive features like "Speech to Text" and "Sound Direction." User testing and expert feedback indicated that AR can substantially improve engagement and understanding for students with disabilities, particularly in the school environment. The results highlight the importance of universal design in creating AR educational experiences and suggest that future research should focus on integrating assistive technologies to maximize educational impact. This work provides a solid foundation for the ongoing development of pedagogical practices aimed at a more equitable and accessible education, reinforcing the transformative role of technology in promoting inclusive education.

Keywords— Accessibility; augmented reality; inclusive education; assistive technology; universal design.

Resumo — A realidade aumentada (RA) possui um potencial significativo para transformar a educação ao criar experiências de aprendizado imersivas e interativas. Este projeto investiga como a RA pode ser empregada para promover a inclusão na educação, com ênfase na acessibilidade. O desenvolvimento envolveu a pesquisa teórica sobre acessibilidade e RA, a seleção de tecnologias como os óculos *Meta Quest 2* e o software *Unity3D*, e a criação de funcionalidades adaptativas como "Speech to Text" e "Sound Direction". Os testes com usuários e feedbacks de especialistas indicaram que a RA pode melhorar consideravelmente o engajamento e a compreensão de alunos com deficiência, particularmente no ambiente escolar. Os resultados destacam a importância do design universal na criação de experiências educacionais de RA e sugerem que futuras pesquisas devem se concentrar na integração de tecnologias assistivas para potencializar o impacto educacional. O trabalho proporciona uma base sólida para o desenvolvimento contínuo de práticas pedagógicas que visam uma educação mais equitativa e acessível, reforçando o papel transformador da tecnologia na promoção de uma educação inclusiva.

Palavras-chave— acessibilidade, realidade aumentada, educação inclusiva, tecnologia assistiva, design universal.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, embora a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) [1] assegure o direito à educação inclusiva em todos os níveis, ainda não existe uma legislação específica que garanta o auxílio de tecnologia para pessoas com deficiência nas escolas. Entre a população de 0 a 14 anos, 7,53% apresentam algum tipo de deficiência física, sensorial, mental ou intelectual, severa ou não (CENSO, 2010) [2]. No entanto, não há projetos governamentais abrangentes que promovam a inclusão plena dessas pessoas no ambiente escolar. Dados do INEP (2022) [3] revelam que 26,9% das escolas de ensino básico não possuem recursos de acessibilidade, e entre as que têm alunos com deficiência matriculados, 19,4% também carecem desses recursos.

Nesse cenário, a tecnologia, e em particular a realidade aumentada (RA), desponta como uma alternativa inovadora com o potencial de transformar a educação ao criar experiências de aprendizado mais imersivas e interativas. Segundo Almeida e Valente (2020) [4], as tecnologias digitais atuam como facilitadoras da inclusão ao proporcionar ambientes de aprendizado mais flexíveis. A RA, ao misturar elementos virtuais com o mundo real, abre novas possibilidades para atender às necessidades de alunos com deficiência. Para Lima (2019) [5], a RA permite criar ambientes de aprendizado adaptados, oferecendo uma educação personalizada e inclusiva. Estudantes com deficiência auditiva, por exemplo, podem utilizar ferramentas que convertem fala em texto, enquanto aqueles com deficiência visual podem acessar recursos que ampliam ou descrevem o ambiente ao redor (Santos, 2021) [6].

Embora as adaptações físicas, como rampas e pisos táteis, e tecnologias assistivas tradicionais, como leitores de tela e ampliação visual, desempenhem um papel importante na acessibilidade, a RA oferece uma dimensão mais ampla para soluções inclusivas. Óculos de RA podem fornecer legendas em tempo real para deficientes auditivos, enquanto aplicativos e sensores ajudam deficientes visuais a se locomover de forma segura e autônoma. Contudo, o uso dessas tecnologias na educação inclusiva deve ser pensado criticamente, com base no design universal, que visa atender a todas as capacidades,

como enfatiza Carvalho (2022) [7]. Onde entende-se por design universal como uma abordagem que busca criar produtos, ambientes e experiências acessíveis e utilizáveis para o maior número possível de pessoas, independentemente de idade, capacidade ou condição. Em vez de adaptar ou customizar um design para públicos específicos, o Design Universal incorpora características que atendem a uma ampla gama de usuários desde o início, promovendo inclusão e equidade, Carvalho (2022) [7].

Estudos recentes, como o de Pereira (2020) [8], destacam que a RA tem mostrado resultados promissores no engajamento e na compreensão de alunos com deficiência, ao criar experiências de aprendizado mais envolventes. Monteiro (2021) [9] ressalta, entretanto, que a formação continuada de professores é fundamental para a implementação eficaz dessas tecnologias em sala de aula. Além disso, é essencial abordar questões éticas e práticas, como a privacidade dos dados dos alunos, a segurança e o acesso equitativo às ferramentas, conforme observa Ferreira (2022) [10], que reforça a necessidade de políticas públicas que garantam a acessibilidade digital para todas as escolas.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal explorar o impacto da realidade aumentada na inclusão educacional, destacando suas potencialidades e desafios para a acessibilidade de alunos com deficiência. Ao discutir práticas pedagógicas inclusivas e propor soluções eficazes para o uso da RA no contexto educacional brasileiro, espera-se contribuir para um debate aprofundado sobre o papel transformador da tecnologia na promoção de uma educação mais equitativa.

II. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto de acessibilidade com realidade aumentada seguirá um processo estruturado, dividido em etapas. Inicialmente, será realizada uma pesquisa teórica aprofundada, utilizando fontes como o Google Acadêmico para explorar os conceitos de acessibilidade e realidade aumentada. Paralelamente, dados demográficos do IBGE serão analisados para entender melhor as necessidades de pessoas com deficiência, o que permitirá direcionar o desenvolvimento das soluções de forma eficaz.

Após a pesquisa, será feita a seleção das tecnologias necessárias para a implementação do projeto. A escolha recairá sobre os óculos *Meta Quest 2*, que foram selecionados devido à sua capacidade técnica avançada e à compatibilidade com as soluções de realidade aumentada. O software *Unity3D* também será utilizado por sua flexibilidade na criação de ambientes virtuais interativos.

Com a base tecnológica estabelecida, o desenvolvimento técnico começará com a implementação de funcionalidades de acessibilidade. A primeira delas será o sistema "*Speech to Text*", que converterá fala em texto em tempo real, oferecendo suporte para pessoas com deficiência auditiva. Em seguida, será desenvolvida a funcionalidade "*Sound Direction*", que permitirá aos usuários cegos localizar sons no ambiente virtual por meio da espacialização sonora e vibrações nos óculos.

Ao longo do processo, serão realizados testes com estudantes para verificar a eficácia das funcionalidades implementadas. Feedbacks de especialistas em acessibilidade e educação serão coletados para identificar possíveis melhorias. A partir desses dados, ajustes serão feitos nas funcionalidades e na experiência do usuário, refinando o projeto conforme necessário.

Paralelamente ao desenvolvimento técnico, será realizado um treinamento com professores e alunos, assegurando que todos compreendam e saibam utilizar as ferramentas de realidade aumentada. Durante esse período, também serão avaliadas questões éticas e de segurança, como a privacidade dos dados dos usuários, garantindo que as soluções sejam não apenas acessíveis, mas também seguras.

Os resultados alcançados do projeto serão documentados, destacando o impacto da realidade aumentada na inclusão educacional e sugerindo possíveis melhorias para futuras implementações. O design universal será adotado como princípio desde o início, para garantir que as soluções contemplem a diversidade de necessidades dos usuários.

III. RESULTADOS PARCIAIS

Os resultados parciais indicam que a aplicação da RA na educação inclusiva apresenta um potencial significativo para melhorar a experiência de alunos com deficiência, promovendo maior acessibilidade e engajamento. Em termos práticos, as primeiras implementações de RA em salas de aula mostram que ferramentas como óculos de RA, que fornecem legendas em tempo real para deficientes auditivos, e aplicativos de navegação assistida para deficientes visuais, têm demonstrado uma efetiva melhora na interação desses alunos com o ambiente escolar. Além disso, experiências preliminares com professores apontam que, quando a RA é integrada de maneira adequada aos métodos pedagógicos, há uma ampliação das oportunidades de aprendizado, especialmente para estudantes com deficiências cognitivas e motoras.

Estudos de caso em escolas que adotaram a RA como ferramenta de apoio mostram um aumento no engajamento dos alunos, especialmente naqueles que antes apresentavam dificuldades significativas de participação nas atividades tradicionais. Educadores que participaram dessas experiências relataram uma melhora na dinâmica de sala de aula, com os alunos demonstrando maior interesse e disposição para colaborar em atividades que envolvem a RA.

No entanto, os resultados também destacam desafios importantes a serem superados. A falta de infraestrutura tecnológica em muitas escolas, especialmente em regiões menos favorecidas, limita a disseminação dessas ferramentas, restringindo o acesso de grande parte dos estudantes com deficiência a essa tecnologia. Outro ponto observado é a necessidade de formação continuada para professores e profissionais da educação, uma vez que muitos ainda não estão familiarizados com as possibilidades e limitações da AR.

Os resultados parciais da metodologia indicam que o projeto de acessibilidade com RA está seguindo um processo bem estruturado, com etapas claramente definidas para garantir sua eficácia. A pesquisa teórica inicial, que envolveu a consulta a fontes acadêmicas e a análise de dados demográficos do IBGE, permitiu uma compreensão aprofundada das necessidades de acessibilidade e das possibilidades oferecidas pela RA.

Na fase de seleção tecnológica, a escolha dos óculos *Meta Quest 2* e do software *Unity3D* provou ser adequada, dado que esses equipamentos e ferramentas oferecem a capacidade técnica necessária para desenvolver soluções de RA interativas e acessíveis. O *Meta Quest 2*, com sua avançada tecnologia de realidade aumentada, e o *Unity3D*, pela sua flexibilidade e robustez, representado na Figura 1, foram fundamentais para o início do desenvolvimento técnico.

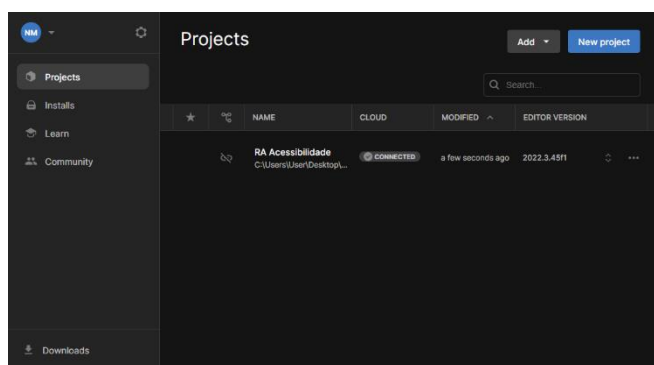


Fig. 1. Exemplo do Hub da Unity onde foi inicializado o projeto utilizando o modelo 3D.

A implementação das funcionalidades começou com o sistema "*Speech to Text*", que tem demonstrado ser eficaz para a conversão de fala em texto em tempo real, beneficiando especialmente usuários com deficiência auditiva. Em paralelo, a funcionalidade "*Sound Direction*" foi desenvolvida para ajudar usuários cegos a localizar sons no ambiente virtual através de espacialização sonora e vibrações, mostrando-se útil para a navegação e interação em ambientes virtuais. A implementação inicial, representada na Figura 2, tem demonstrado grandes avanços e algumas dificuldades de controle.

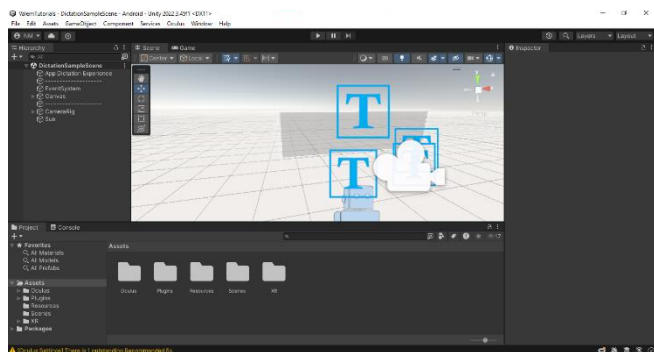


Fig. 2. Tela da Unity com teste do sistema "*Speech to Text*" e funcionalidades que permitem enxergar a realidade

aumentada e realizar movimentos e comandos utilizando os controles do *Meta Quest 2*.

Os testes realizados com estudantes até o momento têm fornecido *feedback* valioso sobre a eficácia das funcionalidades. Especialistas em acessibilidade e educação também contribuíram com sugestões que têm sido incorporadas para melhorar continuamente as soluções. As avaliações apontam que a integração das tecnologias está atendendo bem às necessidades dos usuários, mas também destacam a importância de ajustes contínuos para otimizar a experiência.

O treinamento de professores e alunos, realizado em paralelo, tem sido essencial para garantir que todos os usuários possam utilizar as ferramentas de RA de forma eficaz. As questões éticas e de segurança, como a privacidade dos dados, foram cuidadosamente abordadas, assegurando que as soluções não apenas promovam a acessibilidade, mas também respeitem normas de segurança.

Os resultados documentados até agora indicam um impacto positivo da RA na inclusão educacional. O princípio do design universal tem guiado o desenvolvimento, garantindo que as soluções sejam projetadas para atender a uma ampla gama de necessidades. Sugestões para futuras melhorias foram levantadas, visando aprimorar as funcionalidades e ampliar o alcance das soluções de RA em ambientes educacionais.

As questões éticas e de privacidade também emergem como tópicos importantes a serem tratados na implementação dessas tecnologias. A coleta de dados dos alunos e o uso de informações sensíveis precisam ser regulamentados para garantir a segurança dos estudantes. Esses resultados parciais indicam que, embora a RA tenha um grande potencial para a inclusão educacional, sua implementação eficaz requer planejamento cuidadoso, investimentos em infraestrutura e treinamento especializado.

IV. CONCLUSÃO

A pesquisa teórica e a análise de dados iniciais evidenciaram a grande demanda por recursos tecnológicos adequados, com mais de 17 milhões de pessoas com deficiência no Brasil, muitas das quais estão em idade escolar. A escolha dos óculos *Meta Quest 2* e do software *Unity3D* provou ser apropriada devido à sua avançada capacidade técnica e flexibilidade, permitindo o desenvolvimento de ambientes virtuais interativos adaptados às necessidades específicas de acessibilidade.

A implementação de funcionalidades como o sistema "*Speech to Text*" e "*Sound Direction*" demonstrou a eficácia da realidade aumentada em fornecer suporte significativo para alunos com deficiência auditiva e visual. Os testes realizados e o *feedback* de especialistas foram essenciais para aprimorar essas funcionalidades, confirmando que a RA pode transformar a experiência educacional, tornando-a mais acessível e personalizada. O treinamento de professores e alunos, aliado à análise de questões éticas e de segurança, assegurou a aplicação segura e eficaz das tecnologias.

O princípio do design universal, adotado desde o início, foi fundamental para garantir que as soluções atendam a uma ampla gama de necessidades, ressaltando que a acessibilidade deve ser um princípio central no desenvolvimento de tecnologias educacionais. A pesquisa e as práticas aplicadas destacam o potencial da RA para criar ambientes de aprendizado dinâmicos e inclusivos, ao mesmo tempo em que sublinham a necessidade de aprimoramentos contínuos para garantir a eficácia e a equidade das soluções.

Este trabalho contribui para o debate sobre o impacto transformador da realidade aumentada na educação inclusiva, fornecendo uma base sólida para futuras pesquisas e desenvolvimentos na área. A integração bem-sucedida de tecnologias assistivas com práticas pedagógicas inclusivas é essencial para garantir uma educação de qualidade para todos os alunos, independentemente de suas habilidades, e espera-se que os resultados e recomendações inspirem novas abordagens para promover a verdadeira inclusão tecnológica na educação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores e técnicos da nossa escola, onde podemos expressar a nossa gratidão a todos os envolvidos no projeto, cuja colaboração foi fundamental para o seu sucesso.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/13146.htm. Acesso em: 17 set. 2024.
- [2] CENSO. Censo Demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 set. 2024.
- [3] INEP. Censo da Educação Básica 2022: Relatório de acessibilidade. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2022. Disponível em: <https://www.inep.gov.br>. Acesso em: 17 set. 2024.
- [4] ALMEIDA, M. E. B. ; VALENTE, J. A. Tecnologias digitais e inclusão escolar: práticas e desafios. São Paulo: Editora Hucitec, 2020.
- [5] LIMA, R. S. Realidade aumentada na educação: potencialidades e práticas. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2019.
- [6] SANTOS, J. P. Tecnologias assistivas e acessibilidade: novos rumos na educação. Salvador: Editora EDUFBA, 2021.
- [7] CARVALHO, M. F. Design universal para a educação: conceitos e práticas. Rio de Janeiro: Editora Penso, 2022.
- [8] MONTEIRO, S. T. Formação de professores para a inclusão digital: desafios e estratégias. São Paulo: Editora Cortez, 2021.
- [9] PEREIRA, L. J. Engajamento e aprendizagem com realidade aumentada: um estudo de caso. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020.
- [10] FERREIRA, A. M. Políticas públicas e inclusão digital: desafios e perspectivas. Brasília: Editora UnB, 2022.