



Explorando Benefícios, Desafios e Estratégias na Aplicação de Realidade Aumentada na Educação Básica: Uma Revisão Terciária

Jonas Lima Cavalcante - PCOMP/UFC, Campus Quixadá - Ceará - Brasil

jonasliimac@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5572-2180>

Rubens Fernandes Nunes - PCOMP/UFC, Campus Quixadá - Ceará - Brasil

rubensfn@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7115-8206>

Enyo José Tavares Gonçalves - PCOMP/UFC, Campus Quixadá - Ceará - Brasil

enyo@ufc.br; <https://orcid.org/0000-0003-4571-1044>

Lucas Evangelista Lopes - UECE/FECLI, Campus Mombaça - Ceará - Brasil

lucasevlopes@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-7343-0561>

Resumo: Este trabalho realiza uma Revisão Terciária da Literatura (RTL) sobre a aplicação de Realidade Aumentada (RA) na Educação Básica (EB). A pesquisa abrange o período de 2019 a 2024, com o objetivo principal de explorar aspectos pouco abordados por estudos secundários. São apresentadas 24 ferramentas de RA que permitem visualizar fenômenos astronômicos, entender estruturas moleculares, entre outros benefícios. Os desafios técnicos incluem a baixa precisão do GPS em dispositivos móveis e a falta de interações no *design* de aplicativos. Os desafios pedagógicos envolvem a falta de formação adequada e a resistência dos professores à tecnologia. Por fim, as estratégias de aplicação destacam a aprendizagem baseada em jogos, RA como ferramenta de autoria, RA para demonstrações, entre outras.

Palavras-chave: Revisão Terciária de Literatura, Realidade Aumentada, Ensino, Educação Básica.

Exploring Benefits, Challenges and Strategies in the Application of Augmented Reality in Basic Education: A Tertiary Review

Abstract: This paper carries out a Tertiary Literature Review (TLR) on the application of Augmented Reality (AR) in Basic Education (BE). The research covers the period from 2019 to 2024, with the main aim of exploring aspects that have been little covered by secondary studies. It presents 24 AR tools that make it possible to visualize astronomical phenomena, understand molecular structures, among other benefits. Technical challenges include the low accuracy of GPS on mobile devices and the lack of interactions in application design. The pedagogical challenges involve the lack of adequate training and teachers' resistance to technology. Finally, application strategies include game-based learning, AR as an authoring tool, AR for demonstrations, among others.

Keywords: Tertiary Literature Review, Augmented Reality, Teaching, Basic Education.

1. Introdução

Com as mudanças e avanços nas práticas educacionais tradicionais, a integração de tecnologias no ambiente de ensino tem se destacado positivamente (LOPES *et al.*, 2019). Esta abordagem está em consonância com a ideia de que seu uso pode promover um aprendizado mais significativo, transformando a dinâmica do compartilhamento de conhecimento (PRENSKY, 2021).

No contexto da Educação Básica (EB), em especial, a Realidade Aumentada (RA) surge como uma ferramenta de inovação com grande potencial de utilização nesse meio (ZORZAL, JORGE e COSTA, 2018). De acordo com Lima *et al.* (2021), a RA tem sido reconhecida por permitir a integração de recursos aumentados com



tecnologias emergentes, como dispositivos móveis e jogos digitais, oferecendo uma perspectiva promissora para complementar as aplicações educacionais. Sua capacidade, segundo Carolei e Tori (2014), permite sobrepor elementos virtuais interativos a elementos físicos em tempo real, o que proporciona uma experiência imersiva aos usuários, ampliando as possibilidades de interação e favorecendo o aprendizado.

Quanto aos benefícios, estudos recentes de Kononova *et al.* (2019) e Cai *et al.* (2021) apontam que essas novas abordagens tornam o conteúdo mais acessível e interativo, assim como Zorzal, Jorge e Costa (2018) mencionam que, se aplicada corretamente, a RA “pode proporcionar inúmeras vantagens, como mobilidade, flexibilidade, rapidez e facilidade de acesso ao conteúdo”. Por outro lado, a adoção de aplicações de RA em ambientes escolares ainda enfrenta desafios significativos, tais como a sobrecarga de informações, a resistência dos professores à tecnologia, além da falta de habilidades necessárias para utilizar as tecnologias de RA, conforme evidenciado por Alzahrani (2020). Além disso, segundo Nunes *et al.* (2021), a falta de estrutura, de acesso à internet e de uma formação adequada dos professores, são obstáculos a serem superados para uma adoção bem-sucedida.

A fim de reunir e explorar os diversos aspectos de utilização de RA em ambientes educacionais, estudos secundários têm sido realizados, como os conduzidos por Ali *et al.* (2019) e Scavarelli *et al.* (2021). No entanto, é evidente uma lacuna na profundidade e especificidade desses estudos, visto que poucos oferecem uma análise abrangente das aplicações que estão impactando áreas específicas do conhecimento, juntamente com a identificação detalhada dos desafios técnicos e pedagógicos enfrentados, bem como das estratégias específicas adotadas para superá-los. Diante disso, há a necessidade de consolidar tais resultados, o que se torna útil para professores da EB, pedagogos e pesquisadores que estejam definindo estratégias de uso de RA e queiram ter uma visão integrada dos estudos relacionados.

Assim, visando contornar esse problema, este trabalho propõe realizar uma Revisão Terciária da Literatura (RTL), considerado um método específico que sintetiza e analisa os resultados de estudos secundários já publicados (Silva *et al.*, 2021). Na visão de Becker (2022), “embora essa abordagem não ofereça a mesma profundidade que a análise direta dos estudos primários, ela é adequada para fornecer uma visão geral de tópicos específicos”.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é explorar os aspectos pouco evidenciados na literatura sobre a aplicação de RA no contexto específico da EB. Para isso, são definidos os seguintes objetivos específicos: (1) Identificar as aplicações de RA utilizadas na EB, explorando seus benefícios para as disciplinas e áreas de conhecimento; (2) Compreender os desafios enfrentados na aplicação de RA na EB, tanto em termos pedagógicos quanto técnicos; e (3) Investigar as estratégias e metodologias utilizadas para uma aplicação bem-sucedida de RA na EB.

Ademais, este trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção 2 descreve os métodos utilizados na realização da RTL. Na seção 3, são apresentados os resultados da RTL, destacando os trabalhos finais selecionados. A análise e discussão desses resultados são abordadas na seção 4. Por fim, na seção 5, são apresentadas as considerações finais e direcionamentos para trabalhos futuros.

2. Métodos

Nesta seção, apresentam-se os detalhes do processo utilizado na RTL deste trabalho, seguindo as diretrizes determinadas por Kitchenham *et al.* (2009). Ressalta-se que a abordagem foi adaptada para duas etapas: o Protocolo e a Condução.



2.1. Protocolo da RTL

Nesta etapa protocolar, são definidas três Questões de Pesquisa (QPs), conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1. Questões de Pesquisa deste trabalho.

ID	QP
QP1	Quais são as aplicações de RA utilizadas na EB e seus respectivos benefícios ao ensino?
QP2	Quais são os principais desafios na aplicação de RA na EB, em termos pedagógicos e técnicos?
QP3	Quais são as estratégias e metodologias utilizadas para uma aplicação bem-sucedida de RA na EB?

A justificativa para a definição de cada QP relaciona-se com os objetivos inicialmente estabelecidos para este estudo, cuja necessidade está em explorar aspectos pouco abordados na literatura. Portanto, ao identificar os conceitos centrais da temática do estudo, são definidos os seguintes termos de busca, em português e inglês: “Revisão Sistemática da Literatura”, “Realidade Aumentada” e “Educação Básica”. Sinônimos e siglas foram incluídos em ambos os idiomas para enriquecer a busca, conforme a sintaxe específica de cada Base Eletrônica de Dados (BED). Optou-se por ajustar a *String* de busca em bases nacionais devido à limitação de resultados, enquanto nas bases internacionais, a *String* de busca foi completa, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Strings de busca.

String em Português – BEDs Nacionais
(“realidade aumentada” OR “RA”) AND (“revisão sistemática” OR “estudo secundário” OR “revisão da literatura” OR “mapeamento” OR “análise sistemática” OR “RSL” OR “MSL”)
String em Inglês – BEDs Internacionais
(“augmented reality” OR “AR”) AND (“systematic review” OR “secondary study” OR “literature review” OR “mapping” OR “systematic analysis” OR “SRL” OR “SML”) AND (“education” OR “teaching” OR “school” OR “classroom”) AND (“basic” OR “secondary” OR “infant” OR “primary”)

Assim, para aprofundar a pesquisa e responder às QPs, foram utilizadas sete BEDs. O processo de busca foi automatizado em cinco bases, *CAPES*, *IEEE Xplore*, *Scopus*, *Science Direct* e *Springer*. Para as outras duas bases, *SBC* e *Renote*, a busca foi manual em conferências e periódicos específicos. Importante ressaltar, que a seleção dessas BEDs foi feita devido à sua reputação na área tecnológica e por incluírem estudos empíricos e de literatura, apontam Luz, Rehfeldt e Schorr (2021).

Por fim, para finalizar esta etapa protocolar, são expostos os critérios utilizados para a seleção de pesquisas relevantes e condizentes com a temática, com a metodologia e com os objetivos deste trabalho. Os critérios de inclusão e exclusão para a seleção de estudos nesta pesquisa são definidos da seguinte forma: são aceitos estudos que abordem a temática de RA na EB, sejam estudos secundários, publicados entre 2019 e 2024, em Português ou Inglês, acessíveis para *download* gratuito e completos, e que abordem pelo menos uma QP. Por outro lado, são recusados estudos que tratem de outras temáticas ou níveis de ensino, que não sejam revisões ou mapeamentos sistemáticos, publicações anteriores a 2019, em idiomas diferentes de Português e Inglês, duplicados, pagos, incompletos, não disponíveis para *download*, e que não abordem nenhuma QP.

2.2. Condução da RTL

Esta etapa foi conduzida durante os meses de abril e maio de 2024, aplicando-se as *Strings* de busca nas BEDs, com o total de 1108 trabalhos encontrados. Em seguida, após a identificação inicial, as três fases de seleção e triagem desses trabalhos foram seguidas, conforme a Figura 1.

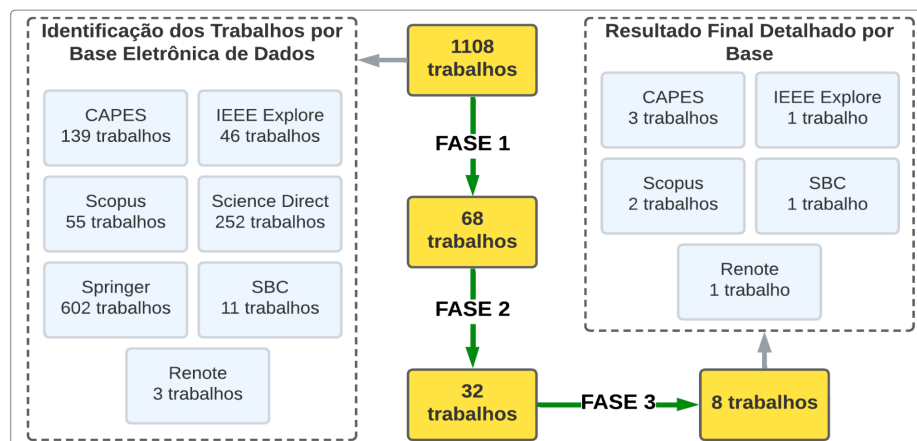


Figura 1. Processo de triagem dos trabalhos.

Na **Fase 1**, 18 duplicatas e os trabalhos que não atendiam aos requisitos mínimos foram removidos, restando 68 trabalhos para a revisão na fase seguinte. Na **Fase 2**, os títulos, os resumos e as palavras-chave foram revisados, reduzindo para 32 trabalhos. Na **Fase 3**, esses 32 trabalhos foram revisados integralmente, resultando em oito trabalhos finais que atendiam a todos os critérios de seleção. A lista é evidenciada por meio da Tabela 2, que exibe a identificação de cada trabalho [T01 a T08], incluindo o identificador (ID), autores e o ano de publicação.

Tabela 2. Relação final dos trabalhos selecionados.

ID	Autores	Ano
T01	Santiago Criollo-C, Andrea Guerrero-Arias, Javier Guaña-Moya, Agariadne Dwinggo Samala e Sergio Luján-Mora	2024
T02	Antonio Faria e Guilhermina Lobato Miranda	2023
T03	Jahirah Mohammed Jabar, Riyan Hidayat, Nor Azah Samat, Muhamad Fakhrol Hazim Rohizan, Nadzaratul 'Ain Rosdin, Nurussaadah Salim e Siti Aisyah Norazhar	2022
T04	Júlio César da Silva Dantas e Adja Ferreira de Andrade	2022
T05	Luiz Gustavo Pereira da Silva e Hugo Leonardo Pereira Rufino	2021
T06	Wilson Vanucci Costa Lima, Felipe Becker Nunes, Fabrício Herpich e Cesar de Oliveira Lobo.	2021
T07	Mónica Gómez Rios e Maximiliano Paredes-Velasco.	2021
T08	Sara das Mercês Silva, Geisiane S. Matos, Fabíola Pantoja O. Araujo e Josivaldo S. Araujo	2020

3. Resultados da RTL

Nesta seção, observa-se que tem havido um interesse contínuo em RA no meio educativo nos últimos anos, com destaque para 2021, presente em três das seleções. A fim de responder às QP1, QP2 e QP3, são apresentadas as principais descobertas dos oito trabalhos finais selecionados nas subseções a seguir.

3.1. (QP1) Quais são as aplicações de RA utilizadas na EB e seus respectivos benefícios ao ensino?

[illegible]

No T01, foram identificadas cinco aplicações de RA na educação. Entre elas, a aplicação *PlanetarySystemGO* utiliza RA baseada em localização para explorar o Sistema Solar em escolas primárias, permitindo aos alunos interagirem com órbitas e corpos celestes de forma prática e interativa. A *AR-Book* apoia atividades de campo, com a observação de ecossistemas, promovendo uma aprendizagem mais envolvente e imersiva. A *EduPARK* é um jogo de RA que promove uma aprendizagem ativa e contextualizada em ambientes ao ar livre, combinando tecnologia com espaços reconhecidos pelos alunos, como parques urbanos. O *NatureAR* envolve a interação direta com elementos naturais, utilizando a RA para estimular discussões e uma visão positiva sobre o impacto educacional, apesar de alguns desafios na concentração das crianças. Por fim, o *EmoFindAR* explora modalidades de jogo colaborativas e competitivas para melhorar a socialização, comunicação e inteligência emocional dos alunos, mostrando-se eficaz em desencadear emoções e incentivar a colaboração.

Durante a leitura do T03, foram identificadas três aplicações. A primeira, o programa *AR-MobileMathTrails*, foi desenvolvido para incentivar a participação dos alunos na educação e modelação matemática através de atividades ao ar livre. Além

disso, as outras duas aplicações, o *Geometer's Sketchpad* e o *GeoGebra*, são utilizados para a aprendizagem da geometria. Os benefícios, ao integrar a RA nesse meio educativo, estão relacionados à melhoria dos alunos em aspectos como capacidade espacial, inteligência, imaginação e visualização, proporcionando uma abordagem mais interativa e envolvente para os alunos e promovendo uma melhor compreensão dos conceitos matemáticos.

De acordo com o T06, a aplicação de RA na EB tem sido realizada por meio de abordagens experimentais e propostas didáticas que podem ser aplicadas em laboratório, destacando abordagens experimentais que promovem a interatividade e colaboração entre alunos e professores. Além disso, conforme identificado pelos autores, as plataformas e ferramentas específicas, como *Aurasma*, *Aumentary*, *augment.com*, *Flaras* e *LAYAR*, beneficiam disciplinas como Biologia, Matemática, Química e Física, sendo as Ciências da Natureza a área mais explorada no nível de ensino primário e fundamental. Essas tecnologias proporcionam a visualização de estruturas biológicas em 3D, a demonstração de conceitos matemáticos e químicos, e a simulação de experimentos físicos.

No trabalho T08, foram abordadas seis aplicações. Entre elas, o *AR Lab* é um aplicativo direcionado para o ensino de Química, oferecendo recursos interativos para visualização de moléculas e reações químicas em 3D. Outro aplicativo, o *PolyedRA*, foi desenvolvido para facilitar o ensino de Poliedros, permitindo aos alunos visualizar e manipular interativamente diferentes sólidos geométricos. Já o *AppiRAMide* concentra-se no estudo de Geometria espacial, fornecendo ferramentas para explorar conceitos relacionados a formas tridimensionais, como pirâmides e prismas. O *GeometriAR* é uma aplicação educacional que auxilia no ensino de sólidos geométricos, possibilitando aos alunos visualizar e interagir com diversas formas geométricas em um ambiente de RA. O *GeoTransform3D* contribui para o ensino de Matemática, oferecendo recursos para visualização de objetos matemáticos em 3D, como gráficos de funções e figuras geométricas. Por fim, o *Ava-tAR* é um aplicativo educacional voltado para o ensino de Física, disponibilizando recursos interativos para explorar conceitos físicos, como mecânica, óptica e eletricidade, de forma mais visual e prática por meio de RA.

3.2. (QP2) Quais são os principais desafios na aplicação de RA na EB, em termos pedagógicos e técnicos?

Na QP2, foram identificados desafios técnicos e pedagógicos no processo de utilização das aplicações de RA na educação, conforme descritos no T01, T04 e T05. As Figuras 3a e 3b ilustram esses desafios.



Figura 3a. Desafios técnicos.



Figura 3b. Desafios pedagógicos.



Com base nas informações fornecidas no T01, conforme destacam os autores, as dificuldades técnicas identificadas no uso de RA em educação infantil e ensino fundamental incluem questões como baixa precisão do GPS em dispositivos móveis, *design* de aplicativos sem interações, falta de testes de desempenho, custos associados à criação de salas de aula didáticas para RA, qualidade limitada das câmeras de dispositivos móveis, dificuldades das crianças ao utilizar RA, usabilidade de aplicativos com RA e falta de *feedback* de professores e alunos. Já as dificuldades pedagógicas envolvem resistência à mudança nos programas educacionais, custos relacionados à implementação de tecnologias de RA, falta de orientação pedagógica adequada e preocupações sobre o impacto das aplicações na saúde e desenvolvimento infantil.

No T04, os desafios técnicos incluem a dificuldade de alguns *smartphones* em reconhecer marcadores de RA, resultando na frustração dos alunos que enfrentam problemas ao tentar utilizar a tecnologia em seus dispositivos móveis. Quanto aos desafios pedagógicos, destaca-se a falta de avaliação abrangente do conteúdo trabalhado com a tecnologia de RA, gerando uma lacuna na compreensão dos impactos reais da tecnologia na aprendizagem dos alunos, o que veio a dificultar a avaliação da eficácia nas práticas educacionais. Além disso, a escassez de estudos nas áreas de linguagens e ciências humanas também representa um desafio pedagógico, pois limita a diversidade de aplicação da tecnologia em diferentes disciplinas educacionais.

Os desafios identificados no T05 sobre o uso de RA como ferramenta pedagógica no Ensino Médio incluem a necessidade de melhoria do *software* empregado, uma vez que muitos estudos utilizam aplicativos desenvolvidos especificamente para a pesquisa, podendo receber críticas em relação à potencialidade de evolução. Além disso, a diversidade de dispositivos móveis e de suas configurações apresenta um desafio, pois *smartphones* ultrapassados e com *hardware* limitado acabam por não executar os aplicativos de RA corretamente, afetando a experiência dos alunos que estiveram envolvidos em algumas tarefas. Em alguns experimentos, os participantes precisaram se deslocar pelo ambiente, inclusive fora da sala de aula, o que gerou desconforto ao manusear os dispositivos para visualização em RA. Outro desafio é o nível de conhecimento em informática dos professores, essenciais na instalação dos *softwares* e no suporte aos alunos, destacando a importância de qualificar o corpo docente para melhorar a aplicação de RA.

3.3. (QP3) Quais são as estratégias e metodologias utilizadas para uma aplicação bem-sucedida de RA na EB?

Para esta QP3, são descritas as estratégias e práticas metodológicas utilizadas no processo de implementação das aplicações de RA, sendo respondida por três trabalhos. No primeiro, T01, são mencionadas as mesmas aplicações já elencadas na QP1. Para o *EmoFindAR*, foram adotadas modalidades de jogo colaborativa e competitiva, com a observação e avaliação de aspectos como socialização, comunicação e inteligência emocional para analisar o impacto dessas modalidades no envolvimento e interação das crianças. No caso do *PlanetarySystemGO*, a ferramenta foi aplicada em escolas primárias, permitindo aos alunos explorar órbitas e corpos celestes por meio de dispositivos móveis, enquanto os professores utilizavam a aplicação *web* para introduzir conteúdos e criar perguntas de múltipla escolha. Já o *EduPARK* foi desenvolvido com base em teorias construtivistas de aprendizagem autêntica e contextualizada, com a utilização da ferramenta para o reconhecimento de locais da cidade em que viviam, como parques e praças, promovendo assim uma abordagem ativa e envolvente de aprendizagem ao ar livre. O *AR-Book* foi



implementado com grupos experimentais e de controle, utilizando um jogo educacional baseado em RA para avaliar mudanças nas atitudes de aprendizagem dos alunos. Por fim, o *NatureAR* foi testado fora do ambiente escolar, estimulando discussões entre os alunos e destacando a importância da interação direta com objetos naturais combinada com a ferramenta como uma abordagem educacional promissora.

Enquanto no segundo, o T04, as descobertas que explicam como ocorreram as práticas metodológicas revelam uma divisão das aplicações em três principais categorias: aprendizagem baseada em jogos, RA como ferramenta de autoria e RA para demonstração. A inserção de um estudo em uma dessas categorias considera apenas o uso de RA no relato de experiência, sem abranger a metodologia completa. Por exemplo, algumas intervenções seguem um referencial de educação baseada no lugar, utilizando RA para demonstrar regiões em três dimensões do espaço local, classificando suas atividades como demonstrativas. Dentro do grupo de aprendizagem baseado em jogos, as experiências incluem jogos que utilizam recursos de RA e atividades gamificadas com RA, unificadas por elementos comuns no processo de aprendizagem, como reforços e competição. A RA como ferramenta de autoria permite que alunos produzam materiais e experiências, enquanto o grupo de demonstração abrange práticas que usam *softwares* para visualizar fenômenos, objetos, vídeos e experimentos. A análise revela que muitas práticas utilizam a RA de forma demonstrativa, como exemplificado pela metodologia de rotação por estações onde a tecnologia é utilizada para permitir aos alunos a visualização detalhada do corpo humano. Outra parte das metodologias combina elementos de jogos e RA, com exemplos como jogos de perguntas e respostas baseados em localização e jogos de memória enriquecidos com RA. A última categoria envolve o uso da RA como ferramenta de autoria dos estudantes, com um estudo que propõe problemáticas sobre terminologia a serem respondidas pelos alunos em forma de cartazes enriquecidos com elementos de RA.

Por fim, no T07, são evidenciadas três categorias de aprendizagem: a primeira, **baseada em gamificação**, apresenta o *ARCat*, um jogo que contém um personagem (um gato) que realiza uma busca em um labirinto e, através do uso de *tags* (cartões tangíveis), os alunos podem programar uma série de combinações a partir do conjunto de instruções dadas para ajudá-lo a encontrar o tesouro. Outra aplicação, o *AR-Maze*, combina o sistema virtual com blocos de programação física, o que ajuda as crianças a programarem fisicamente e executarem o código gerado em ambientes virtuais com uma visão coerente do espaço operacional. Este é um tipo de aprendizagem cinestésica onde o aluno, interagindo com os blocos ou cubos, aprende com a experimentação, tornando a aprendizagem participativa. A segunda categoria é a **aprendizagem colaborativa**, onde *ParallelAR* recria um escritório virtual para aplicar conceitos de programação paralela, e os alunos trabalham juntos em pequenos grupos em direção a um objetivo comum, sendo responsáveis pela aprendizagem dos outros e pela sua própria, baseando-se no método de participação ativa. Os alunos formam equipes de trabalho e são distribuídos de maneira planejada dentro da sala de aula. *ARQuest* é um jogo onde os alunos colaboram em equipes, criam desafios e tentam resolvê-los através de sequências de ações. *CodeCubes* permite que os alunos criem colaborativamente seus próprios labirintos usando comandos. A terceira categoria é a **aprendizagem por descoberta**, onde, quando o aluno usa a RA, visualiza, analisa e contextualiza a informação, transformando isso em conhecimento e desenvolvendo habilidades de pensamento que vão além da memorização.



4. Análise e Discussão dos Resultados

Ao explorar aspectos de RA pouco evidenciados na literatura, reiteramos que a explicação fornecida pelos estudos secundários, acontece superficialmente, o que leva dúvidas aos leitores sobre como exatamente a RA está sendo utilizada no contexto educacional por cada um dos oito estudos selecionados. Por exemplo, em relação a QP1, notamos que nem todas as aplicações descobertas durante a leitura dos T01, T02, T03, T06 e T08 foram devidamente mencionadas em seus textos fornecidos. Dessa forma, tornou-se necessária a leitura integral dos trabalhos primários que não foram abordados de forma abrangente nos estudos secundários, a fim de obter uma compreensão completa sobre cada um deles. A partir disso, o primeiro objetivo específico deste trabalho foi alcançado, ao identificar e explorar as aplicações de RA utilizadas na EB, ficando evidente que as 24 aplicações descobertas desempenham um papel fundamental na transformação e aprimoramento no processo de ensino e aprendizagem, proporcionando novas oportunidades para a exploração de conceitos complexos, além de estimular a participação ativa dos alunos no processo educativo.

A fim de compreender a QP2, apesar dos desafios mencionados no T01, T04 e T05, é fundamental reconhecer outras necessidades importantes destacadas na literatura, que devem ser atendidas para que a RA, assim como outras tecnologias digitais, sejam efetivamente integradas na educação. Nesse sentido, Silva *et al.* (2017) ressaltam que, “apesar da resistência inicial de muitos professores, principalmente devido ao conhecimento limitado sobre as novas tecnologias no ambiente educacional, sua utilização traz diversos benefícios, facilitando a otimização de tarefas e tornando o processo mais eficiente”. Além disso, para Gonçalves, Machado e Ilha (2021), as escolas que não incorporam o digital em seus currículos são consideradas incompletas, pois ignoram uma dimensão fundamental da vida moderna: a conexão em rede. Em contrapartida, na visão de Masneri *et al.* (2022), o fato de a RA não exigir que o currículo existente seja remodelado é um ponto positivo, podendo antes ser utilizada como uma ferramenta para estimular o interesse ou para complementar os materiais pedagógicos existentes, simplesmente acrescentando mais experiências contextuais. Como observam Bacich e Moran (2018), a realidade atual revela uma grande falta de infraestrutura nas escolas, incluindo a ausência de competências digitais. Portanto, os trabalhos analisados e a literatura existente destacam a importância de abordar não apenas os aspectos técnicos, mas também questões relacionadas à capacitação dos professores, ao investimento financeiro e ao planejamento.

Ao investigar as estratégias e metodologias, notou-se que nem todos os trabalhos que responderam a QP1, identificando e mencionando as ferramentas de RA utilizadas, abordaram também a QP3. Isso evidencia uma lacuna na literatura, onde as ferramentas poderiam ter sido apresentadas juntamente com seus benefícios e, em seguida, exploradas mais profundamente para revelar como os professores, pesquisadores ou desenvolvedores aplicaram cada uma delas. Ou seja, apesar de algumas ferramentas terem sido mencionadas inicialmente, nem todas foram exploradas detalhadamente em termos de suas implementações metodológicas.

Por fim, ao comparar os seguintes resultados com outras duas RTLs, observa-se que este trabalho se distingue por explorar de forma mais completa os pontos relacionados à aplicação de RA em um cenário educacional específico. Enquanto o primeiro trabalho de Becker (2022) revisa e consolida métodos e achados de estudos secundários sobre avaliação de Realidade Estendida, com um foco geral em aplicações na educação e outras áreas, Silva *et al.* (2021) abordam a educação de forma mais



ampla, sem uma segmentação específica, explorando tecnologias, públicos-alvo e campos de aplicação de RA de maneira mais geral. Em contraste, este estudo se aprofunda na identificação, compreensão e investigação detalhada das aplicações específicas de RA na EB, preenchendo uma lacuna ao detalhar ferramentas, estratégias metodológicas e desafios específicos enfrentados nesse contexto educacional.

5. Considerações Finais e Trabalhos futuros

Este trabalho realizou uma RTL com o objetivo de explorar os diversos aspectos relacionados à aplicação de RA no contexto específico da EB, visando complementar e consolidar o conhecimento já existente em estudos secundários anteriores sobre essa temática.

Como resultados, as QPs levantadas indicaram uma diversidade de aplicações, responsáveis por contribuir significativamente para o ensino de Matemática e disciplinas das Ciências da Natureza, como Biologia, Química e Física. Entretanto, o estudo também revelou desafios técnicos que ocorreram durante a utilização de cada ferramenta, tornando-se necessário que futuros pesquisadores e desenvolvedores realizem avanços tecnológicos para superar essas limitações e proporcionar uma experiência mais precisa e interativa aos usuários.

Além disso, compreendeu-se que a falta de formação adequada e a resistência à adoção da tecnologia, além de outras barreiras significativas, são os principais desafios vivenciados pelos professores. Esta constatação, portanto, evidencia a necessidade imediata de investir na capacitação docente e na melhoria das infraestruturas escolares para facilitar a integração efetiva, não apenas de RA, mas também de outras tecnologias. Adicionalmente, a revisão evidenciou diversas estratégias metodológicas promissoras. No entanto, muitos desses estudos falharam em oferecer uma análise detalhada acerca de cada abordagem utilizada em ambientes formais ou informais, como são os casos de autores que mencionam atividades desenvolvidas por docentes em praças e parques urbanos.

Em conclusão, embora a RA tenha demonstrado um grande potencial para enriquecer e facilitar a aprendizagem dos alunos, acreditamos que a superação dos desafios técnicos e pedagógicos seja essencial para sua implementação ainda mais completa e eficaz. Logo, o investimento contínuo em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e capacitação docente será crucial para maximizar os benefícios dessa tecnologia inovadora na educação.

Ademais, para alinhar os esforços futuros com os resultados desta pesquisa, propõe-se que novas revisões sistemáticas sejam realizadas para investigar se e como tem ocorrido a formação de professores sobre o uso e aplicação de RA na Educação. Para isso, acreditamos ser fundamental que outros profissionais explorem as práticas atuais de formação, comparem abordagens, analisem necessidades de capacitação e proponham diretrizes para aprimorar a formação docente no contexto educativo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Ali, A. A.; Dafoulas, G. A.; Augusto, J. C. Collaborative educational environments incorporating mixed reality technologies: A systematic mapping study. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, IEEE, v. 12, n. 3, p. 321–332, 2019.
- Alzahrani, N. M. Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges



- in e-learning contexts. **Applied Sciences**, MDPI, v. 10, n. 16, p. 5660, 2020.
- Bacich, L.; Moran, J. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. [S.l.]: **Penso Editora**, 2017.
- Becker, A. The landscape of XR evaluation: tertiary review and visualizations. Porto Alegre: **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Instituto de Informática, Programa de Pós-Graduação em Computação, 2022.
- Cai, S.; Liu, C.; Wang, T.; Liu, E.; Liang, J.-C. Effects of learning physics using augmented reality on students' self-efficacy and conceptions of learning. **British Journal of Educational Technology**, Wiley Online Library, v. 52, n. 1, p. 235–251, 2021.
- Carolei, P.; Tori, R. Gamificação aumentada explorando a realidade aumentada em atividades lúdicas de aprendizagem. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 09, 2014.
- Criollo-C, S.; Guerrero-Arias, A.; Guaña-Moya, J.; Samala, A. D.; Luján-Mora, S. Towards sustainable education with the use of mobile augmented reality in early childhood and primary education: A systematic mapping. **Sustainability**, MDPI, v. 16, n. 3, p. 1192, 2024.
- Dantas, J. C. da S.; Andrade, A. F. de. O uso da realidade aumentada na educação básica brasileira: um mapeamento sistemático. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 20, n. 1, p. 315–327, 2022.
- Faria, A.; Miranda, G. L. Efeitos da realidade aumentada na aprendizagem das ciências naturais: uma revisão sistemática da literatura. **RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (AISTI), n. 50, p. 44–57, 2023.
- Gonçalves, N. S. do A.; Machado, M. M.; Ilha, P. V. Recursos tecnológicos de um contexto escolar: estrutura, práticas pedagógicas e concepções. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 19, n. 2, p. 506–515, 2021.
- Jabar, J. M.; Hidayat, R.; Samat, N.; Rohizan, M. F. H.; Rosdin, N. A.; Salim, N.; Norazhar, S. A. Augmented reality learning in mathematics education: A systematic literature review. **Journal of Higher Education Theory and Practice**, v. 22, n. 15, 2022.
- Kitchenham, B.; Brereton, O. P.; Budgen, D.; Turner, M.; Bailey, J.; Linkman, S. Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and software technology**, Elsevier, v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009.
- Kononova, N.; Shiryayeva, N.; Oblasova, I.; Pletuhina, A. The use of augmented reality technology in the educational process. In: **Proc. Int. Scientific Conf. “Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education and Research”**. CEUR-WS. org. [S.l.: s.n.], 2019. p. 196–205.
- Lima, W. V. C.; Nunes, F. B.; Herpich, F.; Lobo, C. d. O. Uma revisão sistemática da literatura sobre atividades educacionais de realidade aumentada do ensino de ciências da natureza. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, SciELO Argentina, n. 29, p. 9–19, 2021.
- Lopes, L. M. D.; Vidotto, K. N. S.; Pozzebon, E.; Ferenhof, H. A. Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. **Educação em Revista**, SciELO Brasil, v. 35, p. e197403, 2019.
- Luz, J. W. P.; Rehfeldt, M. J. H.; Schorr, M. C. Revisão sistemática da literatura sobre o uso de learning analytics no ensino de programação. **Revista Novas Tecnologias na**



Educação, v. 19, n. 2, p. 203–212, 2021.

Masneri, S.; Domínguez, A.; Zorrilla, M.; Larrañaga, M.; Arruarte, A. Interactive, collaborative and multi-user augmented reality applications in primary and secondary education. a systematic review. **J. Univers. Comput. Sci.**, v. 28, n. 6, p. 564–590, 2022.

Nunes, F.; Júnior, F. D. J. M.; Birck, R. L.; Souza, M. C. de et al. O uso da realidade aumentada em práticas pedagógicas nas áreas de ciências e letras: Uma revisão sistemática da literatura. **SciELO Preprints**, 2021.

Prensky, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. [S.l.]: Editora Senac São Paulo, 2021.

Rios, M. G.; Paredes-Velasco, M. Using augmented reality in programming learning: a systematic mapping study. In: **IEEE. 2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. [S.l.], 2021. p. 1635–1641.

Scavarelli, A.; Arya, A.; Teather, R. J. Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. **Virtual Reality**, Springer, v. 25, n. 1, p. 257–277, 2021.

Silva, F. V. N.; Brito, P. H. A.; Celestino, R. A. R.; Cavalcante, H. G.; Lira, D. G. M.; Barros, T. A.; Cortés, M. I. Tertiary study on the application of augmented reality in education. In: SBC. **Anais do XIV Encontro Unificado de Computação do Piauí e XI Simpósio de Sistemas de Informação**. [S.l.], 2021. p. 49–56.

Silva, I. N.; Silva, K. C. N.; Lotthammer, K. S.; Bilessimo, S. M. S. Inclusão digital em escolas públicas através de tecnologias inovadoras de baixo custo no ensino de disciplinas stem. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 2, 2017.

Silva, L. G. P.; Rufino, H. L. P. Revisão sistemática sobre as vantagens e desafios no uso de realidade aumentada como ferramenta pedagógica no ensino médio. **Educação UFSM**, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), v. 46, 2021.

Silva, S.; Matos, G.; Araújo, F. O.; Araujo, J. O uso de realidade aumentada aplicada às disciplinas de ciências exatas no ensino médio brasileiro: Um mapeamento sistemático da literatura. In: **Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 429–438.

Zorzal, E. R.; Jorge, J. A. P.; Costa, G. G. Desafios e aplicações da realidade aumentada móvel na educação. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v.16, n. 2, p. 1–10, 2018.