

INSERÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE MATEMÁTICA: Uma Revisão Sistemática de Literatura

Lana Priscila Souza¹
Sandro César Silveira Jucá²

RESUMO

Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que objetivou conhecer algumas das pesquisas realizadas e publicadas na forma de artigo sobre aplicação e inserção de Realidade Aumentada (RA) no contexto de ensino de Matemática. Tendo como base de dados o Portal de Periódicos da Capes, o *Google Acadêmico* e a plataforma *SciELO*, a RSL destaca 15 pesquisas realizadas no período de 2012 a 2022 que atendem aos critérios preestabelecidos. Os resultados revelam que a maioria dos trabalhos relaciona-se com o tópico Geometria Espacial e que existe uma grande preocupação dos pesquisadores com os componentes motivação, interesse e satisfação dos alunos.

Palavras-chave: realidade aumentada; ensino; matemática; revisão sistemática de literatura.

INSERTION OF AUGMENTED REALITY IN MATHEMATICS TEACHING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

This article presents a Systematic Literature Review (SLR) that aimed to know some of the research conducted and published in the form of article on the application and insertion of Augmented Reality (AR) in the context of teaching mathematics. Having as database the CAPES' Journal Portal, Google Scholar and the SciELO platform, the SLR highlights fifteen researches carried out in the period from 2012 to 2022 that meet the pre-established criteria. The results reveal that most of the articles are related to the Spatial Geometry topic and that there is a great concern of the researchers with motivation, interest and student satisfaction.

Keywords: augmented reality; teaching; mathematics; systematic literature review.

Submetido em: 13/7/2023

Aceito em: 1/12/2023

Publicado em: 16/4/2024

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza/CE, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-1921-1396>

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Fortaleza/CE, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-8085-7543>

INTRODUÇÃO

O ensino de conceitos que requerem manipulação ou visualização de natureza abstrata pode ser um fator limitante nas aulas de Matemática. “Quando lidamos com imagens conceitualmente ricas, maior é a demanda da habilidade de visualização, gerando desconforto e insegurança nos alunos em relação aos procedimentos adotados para a representação” (De Oliveira Settimy; Bairral, 2020, p. 180). De acordo com os autores, para minimizar as dificuldades cognitivas faz-se interessante identificar, inicialmente, as habilidades relacionadas à visualização e aprimorá-las por meio do delineamento de estratégias.

Os ambientes virtuais surgem como um espaço que possibilita a manipulação e visualização por meio das tecnologias e configuram “uma outra realidade que pode existir em paralelo aos ambientes vivenciais concretos (aqueles nos quais estamos concretamente presentes e respirando), e se abre para a criação de espaços educacionais radicalmente diferentes” (Kenski, 2003, p. 7). Deste modo, a Realidade Aumentada (RA) ou *Augmented Reality* (AR) que permite a sobreposição de objetos e de um ambiente virtual com o ambiente físico, por meio de algum dispositivo tecnológico (*tablet* ou *smartphone*) surge como uma alternativa no ensino de Matemática com a finalidade de favorecer a interação com objetos em um espaço tridimensional.

A introdução das tecnologias no ensino favorece a visualização, porém as tecnologias educativas por si sós não são responsáveis pelo êxito da educação e do ensino (Puentes, 2017). De acordo com o autor, a mera utilização de tecnologias educativas no ensino de Matemática não significa que os alunos vão aprender mais e melhor. Afinal, as tecnologias não substituem os professores nem os métodos de ensino. “É preciso avançar em pesquisas que tragam indícios de como a tecnologia pode contribuir na criação de ambientes de aprendizagem significativos e propícios para a produção coletiva” (Castro-Filho; Freire; Castro, 2017, p. 95).

É neste contexto que o presente artigo questiona: De que forma a RA beneficia o ensino de Matemática? Ela vem sendo utilizada? Em que contexto vem sendo aplicada? De que forma essa utilização vem sendo avaliada? Tais questionamentos delimitam o objetivo geral da pesquisa : conhecer algumas das pesquisas realizadas e publicadas na forma de artigo sobre a inserção da RA no contexto de ensino de Matemática. De forma específica, espera-se mapear as pesquisas que articulam RA e ensino de Matemática, apresentar os caminhos propostos pelos autores e verificar de que forma as aplicações realizadas contribuíram para o ensino.

Para a seleção dos artigos foram utilizados os filtros “realidade aumentada no ensino de matemática”; “realidade aumentada” and “ensino de matemática” e “realidade aumentada matemática” and “ensino”. O filtro por data, 2012 a 2022, foi utilizado em todas as buscas e tem como justificativa a observação do histórico de utilização da RA no ensino de Matemática, para que se possa verificar o desenvolvimento de trabalhos beneficiados pelo avanço de tecnologias que permitem esta utilização.

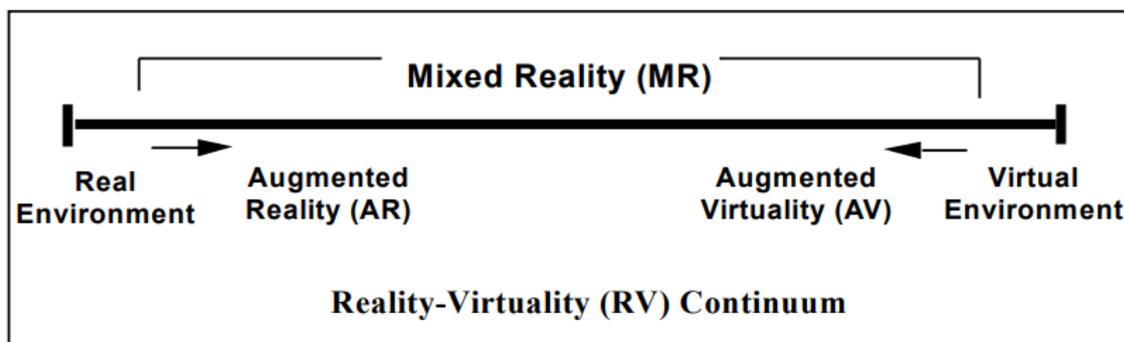
Inicialmente apresentam-se definições de RA e a viabilidade de aplicação pedagógica, com base em Milgram *et al.* (1995), Azuma (1997), Billinghurst (2002),

Carracedo (2012) e Cubillo Arribas *et al.* (2014). Em seguida realiza-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), quando serão apresentadas algumas pesquisas realizadas com ênfase na inserção da RA no ensino de Matemática. Vale ressaltar que as expressões e as siglas – Realidade Aumentada (RA) ou *Augmented Reality* (AR) – serão utilizadas ao longo do texto levando em consideração a forma utilizada por cada autor mencionado. Espera-se que este trabalho favoreça reflexões sobre o tema e estimule os docentes a desenvolverem estratégias e alternativas para enriquecer o ensino desta disciplina.

REFERENCIAL TEÓRICO

O termo *Augmented Reality* (AR) tem várias definições associadas. Uma das mais populares foi proposta por Milgram *et al.* (1995), que apresentam uma visão da AR em termos de um *continuum* relacionando ambientes puramente virtuais a ambientes puramente reais. Neste contexto, no lugar de considerar ambientes do mundo virtual e real como antíteses, “é mais conveniente vê-los como se estivessem em extremidades opostas de um *continuum*, ao qual nos referimos como Realidade-Virtualidade (RV)” (Milgram *et al.*, 1995, p. 283). Assim, os autores definem um ambiente genérico que denominam de Realidade Mista (MR) como aquele em que os objetos do mundo real e do mundo virtual são apresentados juntos em qualquer lugar entre os extremos do *continuum* de RV, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Continuum Realidade-Virtualidade (RV)



Fonte: Milgram *et al.* (1995).

Azuma (1997, p. 355), por sua vez, define AR como “uma variação dos Ambientes Virtuais (VE), ou Realidade Virtual como é mais comumente chamada”. De acordo com o autor, as tecnologias ligadas a ambientes ou realidade virtual têm uma característica imersiva que mergulha o usuário em um ambiente sintético, impedindo-o de ver o mundo real ao seu redor. “Em contraste, AR permite ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real. Portanto, AR complementa a realidade, em vez de substituí-la completamente” (Azuma, 1997, p. 356). Além disso, para evitar limitar a AR a tecnologias específicas, a definição de Azuma (1997) considera AR como sistemas caracterizados por: combinação do real com o virtual, interatividade em tempo real e registros em 3D.

Billinghurst (2002) define de forma parecida. Para o autor, ao contrário da Realidade Virtual de caráter imersivo, as interfaces AR permitem que os usuários

vejam o mundo real ao mesmo tempo que imagens virtuais são anexadas a locais e objetos reais, permitindo uma interação nunca vista antes. “As interfaces AR aprimoram a experiência do mundo real, ao contrário de outras interfaces de computador que atraem os usuários para longe do mundo real e para a tela” (Billinghurst, 2002, p. 1). De acordo com o autor, o usuário pode visualizar a imagem tridimensional de qualquer ponto de vista, da mesma forma que faz com um objeto real.

Para Carracedo (2012), tem a capacidade de complementar a percepção e a interação do usuário com o mundo real, fornecendo “um cenário real aumentado com informações adicionais geradas por computador” (p. 301), de modo a combinar realidade física e elementos virtuais “proporcionando uma realidade mista em tempo real” (p. 301). Já Cubillo Arribas *et al.* (2014) definem como “um sistema interativo que recebe como entrada informações do mundo real e sobrepõe novas informações digitais sobre a realidade em tempo real. Estas informações virtuais podem ser imagens, objetos 3D, textos, vídeos, etc.” (p. 244). Percebe-se que Carracedo (2012) e Cubillo Arribas *et al.* (2014) não tomam o registro 3D como fundamental, como faz Azuma (1997). Os autores destacam a presença de informações adicionais a serem consideradas.

Billinghurst (2002) destaca o amadurecimento da tecnologia de AR e sua aplicação a diversas áreas, inclusive na educação, afirmando que a tecnologia pode ser especialmente valiosa. O autor reitera que a AR oferece uma experiência educacional diferente por vários motivos, entre eles: “suporte à interação perfeita entre ambientes reais e virtuais; uso de uma metáfora de interface tangível para a manipulação de objetos e capacidade de fazer uma transição suave entre a realidade e a virtualidade” (p. 2). Desta forma, embora a tecnologia não seja nova, o autor garante que seu potencial está começando a ser explorado e sugere que os educadores trabalhem “com pesquisadores da área para explorar como essas características podem ser melhor aplicadas em um ambiente escolar”.

“A implementação progressiva de novas tecnologias em sala de aula, juntamente com o aumento sem precedentes do número de dispositivos móveis na população como um todo, coloca a Realidade Aumentada em uma posição de destaque” (Carracedo, 2012, p. 303). O autor evidencia a eficácia da RA como uma plataforma tecnológica para aquilo que relaciona a maneira como os alunos percebem a realidade física, pois ela se permite ser dividida em suas diferentes dimensões objetivando facilitar a compreensão de particularidades às vezes imperceptíveis aos sentidos e completa: “as possibilidades de aplicação da Realidade Aumentada, no que diz respeito ao desenvolvimento de materiais didáticos e atividades de aprendizagem, são múltiplas e heterogêneas, em termos de praticamente todas as disciplinas universitárias” (Carracedo, 2012, p. 303-304).

“Os métodos tradicionais de aprendizagem, cujos conteúdos estão relacionados às espacialidades ou à representação tridimensional, criam um filtro cognitivo porque os diagramas ou objetos são representados em duas dimensões” (Cubillo Arribas *et al.*, 2014, p. 244). Os autores acreditam que a RA oferece às disciplinas em que os conteúdos são abstratos, ou por complexidade ou por não poderem ser concretizados em algo físico, “a possibilidade de representar e interagir com objetos virtuais em espaços tridimensionais” (p. 244). A esse respeito, Carracedo (2012) já destacava as especialidades

científico-tecnológicas. Neste contexto, Cubillo Arribas *et al.* (2014) apontam algumas compensações das deficiências presentes na educação oferecidas pela RA:

experimentos ou práticas que não podem ser realizadas devido aos custos dos equipamentos, a relação entre o número de equipamentos disponíveis e o número de alunos matriculados; a disponibilidade de instalações, seja em termos de espaço e/ou tempo; com a RA, é possível interagir com modelos virtuais em tempo real e ver os resultados obtidos sobrepostos ao mundo real (Cubillo Arribas *et al.*, 2014, p. 245).

Os autores complementam: “não se trata de implementar essa tecnologia de forma radical, mas sim de utilizá-la como complemento das ferramentas tradicionais” (Cubillo Arribas *et al.*, 2014, p. 247), pois acreditam que o trabalho com essa tecnologia deve ter disponíveis as ferramentas certas, tanto para uso quanto para desenvolvimento. Carracedo (2012) destaca que de certa forma “as possibilidades oferecidas pela Realidade Aumentada no campo do ensino superior ainda não foram descobertas, e os resultados tangíveis estão mais condicionados aos aplicativos pedagógicos desenvolvidos do que às próprias competências tecnológicas” (p. 304).

Assim, “apesar do auge da RA nos últimos anos, as ferramentas de RA específicas para a educação são limitadas e a maioria delas se concentra em um tópico específico, o que as torna pouco versáteis para a educação em geral” (Cubillo Arribas *et al.*, 2014, p. 247). Os autores apontam a complexidade da integração da tecnologia de RA ao ensino como um grande problema e selecionam, entre os motivos: a falta de familiaridade de muitos professores com a tecnologia de RA e a dificuldade de entender como integrá-la em seu ensino. “Nesse sentido, as possibilidades oferecidas pela Realidade Aumentada são latentes; a dificuldade está na criação de conteúdo interativo, uma tarefa pelo menos tão difícil quanto a criação de um livro didático” (Carracedo, 2012, p. 306). Desta forma, o tópico seguinte descreve de que modo a RSL foi estruturada, destacando critérios para que alguns trabalhos na área de Ensino de Matemática sejam elencados, analisados e para que as possibilidades de utilização nesta área sejam apresentadas em tópico posterior.

METODOLOGIA

Visando a mapear pesquisas realizadas sobre aplicação da RA no contexto de Ensino de Matemática, optou-se pela realização de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Uma revisão sistemática é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema (Sampaio; Mancini, 2007). Nesse contexto, os autores destacam que a investigação pretendida deve disponibilizar um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. A metodologia utilizada consiste, conforme argumenta Roever (2017), em questões claramente desenhadas e métodos para identificar e avaliar criticamente as pesquisas com grande relevância, seguida pela organização e análise de dados dos estudos que serão incluídos na revisão. “Nos dias atuais, a revisão sistemática é considerada uma maneira mais racional e menos tendenciosa de organizar, avaliar e integrar as evidências científicas” (Roever, 2017, p. 127).

Situando-se nos trabalhos de Roever (2017) e Okoli (2019), a presente RSL tem o objetivo de mapear os estudos já realizados em relação à utilização da RA no Ensino de Matemática no período de 2012 a 2022. Vale lembrar, conforme introdução, que o período de buscas tem justificativa na observação do histórico de utilização da RA no Ensino de Matemática, para que se explore o desenvolvimento de trabalhos beneficiados pelo avanço e uso desta tecnologia. Para tanto a equipe, composta pelos autores, selecionou trabalhos no formato de artigo e elaborou três questionamentos (Quadro 1) no contexto do Ensino de Matemática para identificar os conteúdos que vêm sendo trabalhados por meio da RA, quais plataformas, marcadores ou aplicativos foram empregados e a forma como essa utilização vem sendo avaliada.

Quadro 1 – Questionamentos da Pesquisa

Questões	Descrição
Q ₁	Quais conteúdos matemáticos estão sendo trabalhados com utilização da RA?
Q ₂	De que forma a RA está sendo aplicada (plataformas, marcadores, aplicativos)?
Q ₃	De que forma a utilização da RA para o ensino de Matemática foi avaliada?

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os questionamentos destacam o que deve ser analisado em cada trabalho selecionado e auxiliam na etapa seguinte descrita por Okoli (2019) como aplicação de uma “seleção prática” (p. 8). Também chamada de seleção para inclusão, o autor destaca que esta etapa exige que os revisores sejam explícitos sobre quais estudos consideraram para a revisão e quais eliminaram sem maior exame. Trata-se da elaboração de critérios para inclusão e exclusão de trabalhos. Vale destacar que os revisores devem indicar razões práticas para exclusão, ou seja, para não considerar determinados trabalhos e justificar como o resultado da revisão ainda pode ser abrangente, dados os critérios práticos de exclusão. Nesse contexto, foram selecionados para a pesquisa artigos publicados em periódicos no período descrito anteriormente (2012 a 2022) e extraídos do Portal de Periódicos da Capes³, do *Google Acadêmico*⁴ e do Portal SciELO⁵. Vale destacar que as pesquisas realizadas nos repositórios foram filtradas ao máximo, para evitar arquivos que conflitassem com os critérios considerados. Desta forma, estabeleceu-se que os artigos seriam selecionados por título, resumo e palavras-chave, obedecendo-se o descrito no Quadro 2.

³ <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/>

⁴ <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>

⁵ <https://scielo.org/>

Quadro 2 – Critérios utilizados para seleção

Inclusão	Exclusão
Utilizar a RA no ensino de Matemática.	Trabalho não disponível para consulta <i>on-line</i> .
Estudos que tratam da RA para ensino de Matemática e de conteúdos específicos da área de Matemática.	Estudos que não tratem da RA em conteúdo da Matemática (que apresentem o ensino de Matemática em outro contexto ou tratam da RA no ensino de outra disciplina).
Ter sido publicada no período de 2012 a 2022.	Trabalhos fora do período descrito.
Artigos publicados em periódicos.	Trabalhos repetidos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na busca pela bibliografia, Okoli (2019) ressalta a necessidade de que os revisores sejam explícitos na descrição dos detalhes da pesquisa bibliográfica e na explicação e justificativa que garantem a abrangência da pesquisa. Assim, a busca realizada nos dias 27 e 28 de março de 2023 fundamentou-se nos descritores “realidade aumentada no ensino de Matemática”; “realidade aumentada” *and* “ensino de Matemática” e “realidade aumentada Matemática” *and* “ensino” e encontrou 59 trabalhos, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Quantidade de trabalhos por descritor

Repositório	Quantidade
Portal de Periódicos da Capes	24
Google Acadêmico	33
SciELO	2
Total	59

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O processo de extração de dados que teve por base título, resumo e palavras-chave dos artigos excluiu determinados textos que claramente não estavam relacionados aos descritores buscados ou que não preenchiam os critérios de inclusão estabelecidos ou que se encontravam relacionados aos critérios de exclusão. Deste modo, o Quadro 4 detalha os motivos do descarte.

Quadro 4 – Trabalhos excluídos de acordo com os critérios elencados

Exclusão	Nº
Trabalhos não disponíveis para consulta <i>on-line</i> .	1
Estudos que não tratem da RA em conteúdo da Matemática (que apresentem o ensino de Matemática em outro contexto ou tratam da RA no ensino de outra disciplina).	32
Trabalhos fora do período descrito.	0
Trabalhos repetidos.	5
Total de artigos excluídos	38

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após a identificação dos estudos que devem ser incluídos, os autores precisam extrair sistematicamente as informações aplicáveis de cada estudo (Okoli, 2019). De acordo com Roever (2017), os dados devem ser extraídos por pelo menos dois pesquisadores para evitar tendenciosidade nas opiniões. Desta forma, os trabalhos

foram analisados por meio de um formulário elaborado de acordo com o objetivo da RSL e com os questionamentos propostos na Quadro 1, considerando: repositório, título, autor e ano da publicação, relação entre RA e ensino de Matemática, bem como os resultados apresentados em cada trabalho.

Okoli (2019) e Roever (2017) destacam a importância da realização de uma avaliação das fontes ou avaliação de qualidade. “Também chamada de seleção para exclusão, os revisores precisam declarar explicitamente os critérios utilizados para julgar quais artigos serão excluídos por qualidade insuficiente” (Okoli, 2019, p. 9). De acordo com o autor, os pesquisadores precisam classificar a qualidade de todos os artigos incluídos. Isso posto, a avaliação das fontes foi realizada pelos autores levando em consideração os critérios apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Critérios para Avaliação das Fontes

Critérios	Detalhamento
Resumo	Deve incluir objetivo geral, metodologia e resultados da pesquisa.
Fundamentação teórica	Deve articular a utilização da RA com o Ensino de Matemática.
Metodologia	Deve conter estudos teóricos ou empíricos fundamentados, respectivamente, na apresentação ou emprego de plataformas, marcadores ou aplicativos de RA para o ensino de Matemática.
Resultados	Deve apresentar, por meio dos dados coletados, resultados, reflexões ou análises relativas à utilização da RA no Ensino de Matemática.
Considerações	Deve apresentar considerações ou conclusões confiáveis, baseadas nas análises dos dados coletados ou dos estudos realizados.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Seis trabalhos foram excluídos após avaliação dos critérios descritos no Quadro 5 por não apresentarem o detalhamento esperado no resumo. Posteriormente à exclusão pela avaliação das fontes, Roever (2017) propõe a análise dos dados coletados. Neste ponto, o autor sugere que sejam descritos, sucintamente, os métodos estatísticos utilizados na análise. Na visão de Okoli (2019), a etapa sintetização dos estudos tem função semelhante. Conforme o autor, este passo envolve combinar os fatos extraídos dos estudos, usando técnicas quantitativas ou qualitativas apropriadas ou ambas. Assim, o Quadro 6 apresenta a categorização dos artigos após avaliação de qualidade. Nele estão inseridas a natureza das pesquisas realizadas e a quantidade de trabalhos identificados de acordo com o descrito. Vale ressaltar que existem trabalhos pertencentes a mais de uma categoria.

Quadro 6 – Categorização dos Artigos

Natureza das Pesquisas	Quantidade
Caráter interdisciplinar	3
Utilização de aplicativo idealizado pelo autor (ou autores)	8
Voltada para a formação continuada de professores	4
Voltada para o ensino em nível básico ou graduação	12
Destaque a aspectos como satisfação e interesse do público-alvo	12
Destaque a aspectos pedagógicos relacionados ao ensino	9

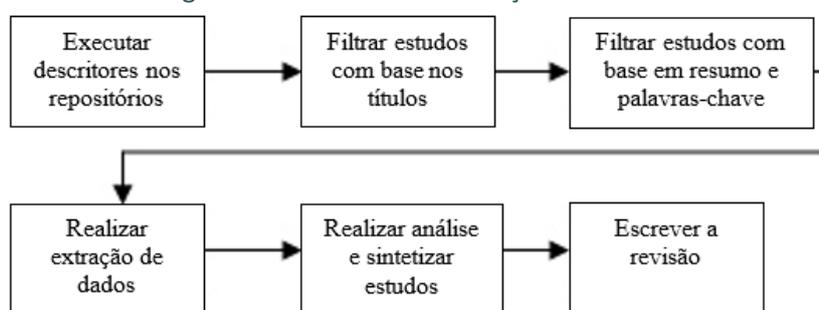
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após a sintetização, segue-se para a etapa final, que destaca os resultados encontrados e apresenta discussões que levam em consideração os objetivos da RSL. Roever (2017) ressalta que esta seção deve começar com uma declaração que resuma as principais conclusões da avaliação da RS.

Além dos princípios e padrões a serem seguidos na escrita de artigos científicos, o processo de uma revisão sistemática de literatura precisa ser descrito com detalhes suficientes de maneira que outros pesquisadores possam, independentemente, reproduzir seus resultados (Okoli, 2019, p. 9).

A Figura 2, baseada em Roever (2017) e Okoli (2019), descreve a forma de condução da presente RSL.

Figura 2 – Processo de condução do estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção apresenta as análises realizadas em cada texto considerado com o objetivo de, ao seu final, responder aos questionamentos apresentados no Quadro 1 inserido na seção anterior. Nesse contexto, os artigos considerados para análise encontram-se listados no Quadro 7, que apresenta a ordem em que os textos serão aqui mencionados, o título de cada um, o autor ou os autores e o ano de publicação.

Quadro 7 – Trabalhos selecionados para revisão

Texto Analisado	Título	Autor(es)	Ano
T1	GARBook: Visualização de sólidos e de secções no Cubo com recurso a Realidade Aumentada	Noval <i>et al.</i>	2013
T2	Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas	Buitrago-Pulido	2015
T3	Projeto EduPARK e Prática Pedagógica Supervisionada: Desafios para alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico	Rodrigues <i>et al.</i>	2017
T4	Análise Matemática e Realidade Aumentada: um estudo no Ensino Superior em Portugal	Cardoso, Coimbra e Mateus	2018
T5	Mobile-learning: aprendizagem matemática por meio de realidade aumentada	Resende e Müller	2018
T6	Protótipo de Realidade Aumentada em dispositivos móveis na abordagem de Sólidos Geométricos	Garcia e Correia	2019

T7	Realidade Aumentada como apoio à aprendizagem de poliedros	Delmas da Silva e Vasconcelos	2019
T8	Realidade Aumentada e Interdisciplinaridade: o Uso do Aplicativo LandscapAR no Ensino de Matemática e Geografia	Liao e Junkes de Carvalho	2020
T9	A formação inicial de professores para uma educação interdisciplinar – O exemplo do projeto EduPARK	Neto e Pombo	2020
T10	O uso da realidade aumentada com dispositivos móveis na educação matemática como potência na geometria espacial	Ribeiro, Guterres e Silveira	2020
T11	Aplicações móveis para o ensino da Matemática com realidade aumentada	Cerqueira <i>et al.</i>	2020
T12	Formação Inicial e Continuada de Professores de Matemática no Contexto da Realidade Aumentada	Abar e Cunha	2021
T13	Desenvolvimento de conceitos geométricos com alunos de um curso de Pedagogia por meio de atividades envolvendo a realidade aumentada	Liao, Almeida e Motta	2021
T14	Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso.	Berumen Lopez, Acevedo Sandoval e Reveles Gamboa	2021
T15	A realidade aumentada na aprendizagem de Geometria Espacial e as contribuições da Sequência Fedathi	Soares, Santana e Santos	2022

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Noval *et al.* (2013) apresentam em T1 o *GARBook* que consiste em um “livro interativo com RA desenvolvido, em colaboração com professores de Matemática, para o ensino da Geometria a alunos do 10º ano” (p. 107). De acordo com os autores, o livro objetiva “complementar o ensino de uma parte específica da Geometria contida no currículo escolar Português de Matemática, mais especificamente, as secções no cubo” (Noval *et al.*, 2023, p. 107-108). Neste contexto, Noval *et al.* (2013) esclarecem: “a parte do livro que contém os sólidos geométricos e as secções no cubo, além da breve descrição, apresenta, também, marcadores que vão permitir a sua visualização em RA” (p. 108).

T1 apresenta experiências conduzidas com 70 alunos do ensino profissional da Escola Profissional de Fermil, em Celorico de Basto, Portugal. Os participantes tinham idades compreendidas entre 15 e 20 anos. Os testes experimentais realizados com os alunos em relação ao uso do *GARBook* objetivaram avaliar o grau de satisfação e eficácia pedagógica. Os autores estavam interessados em identificar, mais concretamente, “até que ponto a utilização do *GARBook* se revelou vantajosa em relação ao método tradicional” (Noval *et al.*, 2013, p. 109). Os autores alertam para a necessidade de um fortalecimento dos resultados com replicação do estudo em outras escolas, visto que este foi realizado em apenas uma. Outro ponto que merece destaque é a mudança da rotina provocada pela introdução de um protótipo como o *GARBook* que “pode, por

si só, explicar parte dos resultados positivos, pois poderá ter resultado num aumento motivacional para a participação dos alunos” (Noval *et al.*, 2013, p. 111). A esse respeito, os autores sugerem a adição de “um terceiro grupo de alunos que utilizará conteúdos multimídia convencionais sem recurso à RA, o que permitirá eliminar o efeito surpresa (aula diferente com introdução de tecnologia digital) e determinar o verdadeiro impacto da utilização da RA no ensino” (p. 111).

Buitrago-Pulido (2015) apresenta em T2 uma pesquisa que objetiva analisar a associação entre o sucesso na aprendizagem de Matemática, o estilo cognitivo na dimensão Dependência-Independência de Campo (DIC) e a RA em um ambiente virtual de aprendizagem. Neste contexto, desenvolveu com 83 estudantes da disciplina de Cálculo Vetorial, terceiro semestre, do Programa de Engenharia Industrial da *Escuela Colombiana de Carreras Industriales* (ECCI) de Bogotá, “um estudo quantitativo de tipo descritivo-correlacional, com desenho de corte quase-experimental com dois grupos: um experimental e outro de controle com pré-teste e pós-teste não comparáveis” (Buitrago-Pulido, 2015, p. 27).

Dois ambientes computacionais AR virtual foram projetados e desenvolvidos para trabalhar o conteúdo funções de várias variáveis pelos dois grupos na modalidade *e-learning* com atividades baseadas no paradigma AR para o grupo experimental e sem ele para o grupo controle. O autor observa uma diferença significativa, o que o leva a deduzir que um dos grupos tinha um ambiente favorável à realização de suas atividades, apesar de se depararem com um conteúdo complexo e desafiador. Desse modo, conclui, em verificação do pós-teste aplicado com os dois grupos, que o paradigma AR instituído como estratégia para a aprendizagem do conteúdo proposto, “permitiu obter melhores resultados de forma efetiva e significativa com relação ao sucesso de aprendizagem em estudantes que cursaram a unidade didática Cálculo Vetorial, cuja tipologia na dimensão DIC é preservada e independente” (Buitrago-Pulido, 2015, p. 27).

Rodrigues *et al.* (2017) apresentam em T3 um estudo desenvolvido no âmbito da Prática Pedagógica Supervisionada “em que se desenharam, planejaram, implementaram e avaliaram tarefas tanto ao nível da sala de aula (*indoor*) como no contexto *outdoor*, no Parque Infante D. Pedro em Aveiro” (p. 211), com uma turma do 4º ano do 1º Ciclo do Ensino Básico. Assim procedendo, as autoras pretendem analisar o impacto das tarefas realizadas no contexto *outdoor* nas dimensões descritas pelos alunos como dificuldades, interesse e motivação. As tarefas realizadas “sob a forma de um jogo interativo e tendo como base uma aplicação móvel com conteúdos de Realidade Aumentada, visam a uma aprendizagem ativa da Matemática, no domínio Geometria e Medida e do estudo do meio, no domínio dos seres vivos” (p. 211). De acordo com as autoras, “ambos os domínios foram interligados com princípios da Etnomatemática, da Educação Matemática Realista e da Adequação Didática” (p. 217).

A pesquisa de abordagem qualitativa contou com a realização de um questionário respondido pelos 19 alunos participantes da atividade. Rodrigues *et al.* (2017) dividiram o questionário em três partes e analisaram em T3 as partes 1 e 2 que tinham, respectivamente, as finalidades de “construir o perfil de cada participante, em particular na análise do uso das tecnologias, como por exemplo o uso de telemóvel no dia-a-dia” (p.

221) e “perceber a opinião dos inquiridos sobre a atividade desenvolvida no âmbito do Projeto EduPARK” (p. 221).

Cardoso, Coimbra e Mateus (2018) apresentam em T4 parte do estudo do trabalho de Doutorado intitulado “As Tecnologias Tridimensionais Como Contributo Para a Aprendizagem da Matemática no Ensino Superior”. A pesquisa feita por meio da triangulação de métodos quantitativos e qualitativos contou com a participação de estudantes do 2º semestre do curso de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Politécnico de Leiria (IPL) e contou com auxílio de alguns dos docentes do Instituto para a construção dos conteúdos 3D em RA. As atividades utilizaram um aplicativo denominado Junaio. Os autores destacam que seu trabalho foi realizado por meio de construções 3D em RA criadas para aulas de Análise Matemática (AM) que poderiam ter seus conteúdos “potencialmente melhorados com a tecnologia de RA, já que têm uma componente geométrica associada à tridimensionalidade” (p. 278) ou onde os estudantes tendem geralmente a manifestar maiores dificuldades. De acordo com os autores, todos os alunos afirmaram ser favoráveis à integração de conteúdos 3D na Unidade Curricular de AM e destacam que a inserção de construções 3D em RA facilita a aprendizagem e consideram-na mais eficaz para entendimento do que outras estratégias e abordagens.

Resende e Müller (2018) destacam em T5 uma limitação no material didático impresso no que se refere ao estudo dos gráficos das funções de duas variáveis reais na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral. De acordo com os autores, o livro didático não permite que se tenha, por exemplo, total visão de todos os ângulos do gráfico em um exercício que questiona qual o mapa de contorno associado a ele. Assim, tomando como motivação as limitações do livro didático, os autores procuram explorar a aprendizagem matemática por meio do *mobile-learning* e objetivam apresentar em T5 “a criação de um aplicativo de Realidade Aumentada utilizado como um recurso tecnológico no estudo de mapas de contorno e Geometria Espacial que têm a capacidade de interpretar marcadores *Vumark*” (Resende; Müller, 2018, p. 1). A principal motivação dos autores “é a falta de aplicativos que explorem os conteúdos de forma a instigar os usuários por meio da interação” (p. 8). Dessa forma, o aplicativo criado “permite gerar conteúdos sobre funções de duas variáveis reais e sólidos de revolução” (Resende; Müller, 2018, p. 13), além de possibilitar uma relação dinâmica entre conteúdo e usuários.

Neste contexto, com o objetivo de obter um retorno em relação à aprendizagem mediada pelo aplicativo, os autores definiram um experimento com 23 estudantes do Ensino Médio que o utilizaram para explorar o conteúdo sólidos de revolução. Após o *download* do aplicativo, os estudantes receberam os materiais criados para realização da atividade proposta e os resultados descritos pelos autores resultaram da observação de seu desenvolvimento. “Os estudantes demonstraram satisfação com a atividade e o exercício de estudar com o aplicativo, manifestando uma sensação de aprovação do recurso quando questionados quanto à utilização da tecnologia de RA no desenvolvimento dos exercícios” (Resende; Müller, 2018, p. 12).

O T6 de Garcia e Correia (2019) apresenta um recorte de uma pesquisa de Mestrado que objetivava investigar o uso e a inserção de recursos tecnológicos no Ensino de Matemática. Tendo como público-alvo um grupo composto por professores de Matemática e graduandos do curso de Licenciatura em Matemática, a oficina foi

desenvolvida em um encontro na área de educação matemática promovido por uma universidade estadual do Paraná. O aplicativo utilizado, desenvolvido para *Android* na plataforma *Unity3D*, foi criado pelos autores com o objetivo de abordar o conteúdo matemático “Sólidos de Platão”.

Delmas da Silva e Vasconcelos (2019) apresentam em T7 o recorte de uma pesquisa de Mestrado acadêmico que objetivou “fazer uma comparação de aprendizado dos poliedros do tipo prismas, antes e depois da aplicação da tecnologia digital Realidade Aumentada (RA), nas aulas de Geometria Espacial, com estudantes do Ensino Médio” (p. 69). O trabalho que originou o artigo T7 é denominado “Realidade Aumentada como interface para a aprendizagem de poliedros do tipo prismas” e foi desenvolvido no Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática na Universidade Federal de Sergipe.

Realizada no Colégio Estadual Barão de Mauá, Aracaju (SE), a pesquisa foi aplicada, em um período de duas semanas, com estudantes do 2º ano do turno vespertino no 1º semestre de 2018. A Sequência Didática (SD), dividida em 5 partes, foi desenvolvida em cinco aulas, com duração de 50 minutos cada. Os alunos foram avaliados por meio de questionários semiestruturados e de observação. Vale destacar que o primeiro questionário consistia em um teste de sondagem, quando se pretendia, entre outros fatores, identificar os conhecimentos prévios de Geometria Espacial dos estudantes, e o segundo foi realizado após a aplicação da SD que teve como apoio o aplicativo de RA *Geometry-AR*, e propôs-se, em algumas questões, “fazer um comparativo de aprendizado dos poliedros prismas após aplicação da Realidade Aumentada” (Delmas da Silva; Vasconcelos, 2019, p. 56).

Liao e Junkes de Carvalho (2020), autores do T8, desenvolveram uma situação de ensino-aprendizagem de natureza interdisciplinar que envolveu o ensino de Matemática e Geografia com a utilização do aplicativo *LandscapAR* que, após escaneamento e captura da imagem por meio dos marcadores (código previamente reconhecido pelo *software*), obtém imagens em 3D de curvas de nível. A pesquisa que originou o texto tem caráter qualitativo e aborda, por meio de um estudo de caso, uma ação didática realizada com alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede estadual do Paraná. O processo avaliativo dos estudantes deu-se de forma processual, considerando o envolvimento e o desenvolvimento do aluno em cada etapa da pesquisa. De acordo com os autores, tal modelo de avaliação possibilitou uma verificação de aprendizagem mediada por tecnologia digital, aproximando os alunos das tecnologias, oportunizando o exercício das habilidades que eles já possuíam e favorecendo uma inclusão digital gerada pela apropriação de conhecimentos de Matemática e Geografia.

No texto T9, Neto e Pombo (2020) apresentam “uma experiência de formação interdisciplinar, no âmbito da formação inicial de professores na Universidade de Aveiro, ‘vívuda’ no Projeto EduPARK” (p. 2). O público-alvo do trabalho realizado é composto por estudantes do Mestrado em Ensino do 1º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais do 2º Ciclo do Ensino Básico. “No âmbito do projeto, desenvolveu-se uma aplicação interativa com conteúdos em RA, para ser explorada no Parque Infante D. Pedro, em Aveiro, baseando-se em princípios de *geocaching*” (Neto; Pombo, 2020, p. 5).

Na avaliação de Neto e Pombo (2020), o uso de dispositivos móveis “permitiu interligar a Arte à Matemática, por exemplo, através do reconhecimento da beleza do

padrão de azulejos, percebida pelas simetrias que apresenta, bem como através da percepção de formas geométricas em edifícios do Parque” (p. 11). Além disso, “permitiu, ainda, mitigar dificuldades sentidas pelos futuros professores na abordagem didática de certos conceitos disciplinares (por exemplo, simetria axial) e dificuldades sentidas pelos alunos na resolução de questões integradas nos guiões da EduPARK app” (Neto; Pombo, 2020, p. 11).

Ribeiro, Guterres e Silveira (2020) apresentam em T10 recursos educacionais que utilizam RA no ensino de Geometria Espacial e argumentam que tais ferramentas podem ser utilizadas “com o objetivo de promover experiências significativas aos alunos pela manipulação de sólidos geométricos em seus dispositivos móveis” (p. 41). Os autores observam que “permitir que a criança aprenda através do uso de um dispositivo que lhe é familiar pode ser uma estratégia eficaz” (p. 46), mas acrescentam que “a tecnologia por si só não é suficiente, é necessário utilizar esse recurso com uma intencionalidade pedagógica” (p. 46). Neste contexto, exibem os aplicativos *GeometriAR*, *Polyèdres augmentès* e *Geometrix* e acrescentam que sua adoção em dispositivos móveis desloca o protagonismo da manipulação dos objetos de aprendizagem para o estudante que passa a ser afetado pela manipulação em tempo real do objeto espacial, adquirindo experiências de aprendizagem mais significativas.

Cerqueira *et al.* (2020) realizam em T11, com a participação de professores de Matemática e Informática do ensino básico e secundário, um estudo com objetivo de explorar o impacto e os desafios do uso, feito por este grupo, dos aplicativos Sólidos Platônicos (que trabalham os cinco poliedros regulares convexos, conhecidos como poliedros de Platão) e *FootMath* (que trabalha funções) voltados para o ensino de Matemática por meio da RA. O estudo ocorreu em dois momentos com a realização dos *workshops* “Realidade Aumentada no Ensino da Matemática”, que contou com 11 professores de cada grupo que responderam às entrevistas realizadas colaborando com os resultados destacados pelos autores e “confirmou impactos positivos no que concerne à utilização em sala de aula das apps com interface de RA” (Cerqueira *et al.*, 2020, p. 185).

Os autores puderam inferir que os professores entrevistados concordaram que a RA associada aos conteúdos de Geometria e funções apresenta “diversos benefícios, como a envolvimento, motivação e a satisfação, e pode potenciar a aprendizagem” (Cerqueira *et al.*, 2020, p. 185). Com isso, os autores concluem que aplicações deste tipo tem grande potencial, apresentam diversos benefícios ao ensino e “podem ser utilizadas como complementos às abordagens mais comuns” (Cerqueira *et al.*, 2020, p. 185).

Abar e Cunha (2021) descrevem em T12 a realização de duas oficinas que tinham como público-alvo professores em formação inicial (oficina 1) e continuada (oficina 2). A finalidade de tais oficinas era ofertar suporte tecnológico aos participantes, bem como conscientizar, incentivar e motivar para o que as autoras destacam como “transformação digital em sala de aula” (p. 83). Elas afirmam, ainda, que “essa transformação deve ser uma decisão do professor, que precisa estar seguro e confiante no uso das TDICs, em conjunto com as tradicionais práticas pedagógicas na criação de recursos para sua prática docente” (Abar; Cunha, 2021, p. 83).

Desenvolvidas na intenção de apresentar as ferramentas *Augment* e *GeoGebra 3D* para que os participantes pudessem se familiarizar com a RA e aplicá-las em suas aulas, as oficinas tiveram como foco o ensino de Geometria Espacial com ênfase no movimento de sólidos geométricos. As autoras de T12 acreditam que as oficinas realizadas cumpriram os objetivos de conscientização sobre a importância do uso de tecnologias, o despertar do interesse dos participantes e destacaram-se como possibilidades a serem incorporadas no Ensino de Matemática. Vale destacar, porém, que “os dados mostraram que muitos participantes, que nunca tiveram contato com a tecnologia na época da Graduação, não se preocupam com a necessidade de fazer parte de projetos de formação continuada” (Abar; Cunha, 2021).

Liao, Almeida e Motta (2021) objetivam em T13 “analisar quais as possíveis contribuições da RA, por meio do aplicativo GeometriAR, para a ressignificação da percepção espacial em acadêmicos do 6º período de um curso de Pedagogia em uma instituição de Ensino Superior do Estado do Paraná” (p. 7). Tendo por público-alvo uma turma composta por 27 alunos do penúltimo ano de Graduação que, em sua maioria, já atuavam como estagiários, professores ou assistentes no segmento da Educação Infantil ou nos anos iniciais do Ensino Fundamental, os autores utilizaram observações, anotações, gravações de áudio, vídeo e aplicação de questionários em dois momentos distintos como principais instrumentos metodológicos e destacam que os dados obtidos após a realização das atividades propostas evidenciaram a contribuição da RA por meio do aplicativo GeometriAR. De acordo com os autores, o recurso utilizado caracteriza-se como uma tecnologia didática em expansão com possibilidade de envolver, contextualizar o conteúdo e promover a visualização bi e tridimensional das formas geométricas. Além disso, permite que o aluno aprimore sua percepção espacial, contribuindo para que o grupo pesquisado, composto de futuros professores, “assimilem de forma significativa conceitos geométricos antes esquecidos ou não compreendidos” (Liao; Almeida; Mota, 2021, p. 15).

Berumen Lopez, Acevedo Sandoval e Reveles Gamboa (2021) realizaram em T14 um estudo quase-experimental que objetivou medir “o impacto da realidade aumentada no processo de ensino-aprendizagem com alunos do Instituto Tecnológico Nacional do México, *Campus Jerez*, da carreira de Contador Público” (p. 2) na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral. Para a realização do estudo os autores consideraram dois grupos: um grupo experimental (que utilizou um aplicativo de RA como ferramenta de apoio) com 10 participantes, e um grupo controle (que teve aulas ministradas de forma tradicional) com 11 participantes. Os autores destacam que não houve a aplicação de uma avaliação *a priori*.

“Para comparar se havia ou não diferença entre os escores do grupo controle e do grupo experimental, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon” (Berumen Lopez; Acevedo Sandoval; Reveles Gamboa, 2021, p. 9). O teste em questão determina se existem evidências para acreditar que os participantes de um grupo tiveram melhor desempenho que os do outro. Desta forma, os autores concluem: “não há diferença se a AR for utilizada como ferramenta de apoio ou se as aulas forem apresentadas de forma tradicional, ou seja, em termos de classificações não há diferença significativa” (Berumen Lopez; Acevedo Sandoval; Reveles Gamboa, 2021, p. 19).

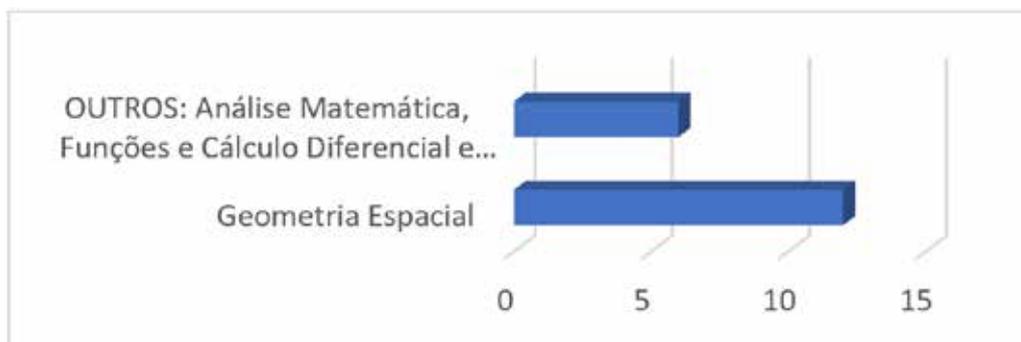
Soares, Santana e Santos (2022) apresentam em T15 uma pesquisa de natureza exploratória e descritiva que destaca a aplicação de uma SD para uma turma do curso de Pedagogia em dois encontros para que a SD construída como parte de um produto educacional do Mestrado em Tecnologia Educacional da Universidade Federal do Ceará (UFC) fosse validada. A pesquisa “objetiva apresentar a Realidade Aumentada (RA) como estratégia pedagógica para a aprendizagem de Geometria Espacial através do software GeoGebra mediada pela Sequência Fedathi (SF)” (Soares; Santana; Santos, 2022, p. 1). Para a construção da SD foram selecionados descritores do Spaece, Saeb e habilidades da BNCC relacionados com o conteúdo proposto.

Tendo como público-alvo uma turma de 20 alunos do curso de Licenciatura em Pedagogia, a pesquisa de abordagem qualitativa foi aplicada em forma de oficina pedagógica em um encontro formativo que procurou apresentar as ferramentas do *software* para que as atividades propostas na SD fossem desenvolvidas. De acordo com Soares, Santana e Santos (2022), “a coleta de dados aconteceu a partir de observações durante a aplicação e através de uma questão proposta em forma de fórum em uma sala criada no Google Classroom” (p. 12). Além disso, os autores afirmam: “o GeoGebra em RA é um excelente apoio e suporte para a prática pedagógica do professor, favorecendo os processos de ensino e aprendizagem da Matemática e de Geometria Espacial” (Soares; Santana; Santos, 2022, p. 23). Também apontam, conforme destacado pelos participantes da pesquisa, a dinamicidade e o fato de tornar as aulas mais atrativas e divertidas.

A discussão apresentada permite que os questionamentos feitos na Quadro 1 sejam respondidos. O questionamento Q_1 refere-se aos conteúdos matemáticos trabalhados com utilização da RA. Desta forma, em relação a Q_1 , observou-se que não houve grande variação em relação aos conteúdos trabalhados. A maioria das pesquisas referem-se à introdução da RA no Ensino de Matemática com ênfase na Geometria Espacial. Alguns textos, porém, mencionam a realização de pesquisas que trabalharam RA em mais de um conteúdo. Os outros conteúdos trabalhados – Funções de Várias Variáveis, Análise Matemática e Cálculo Diferencial e Integral – dão ênfase a um ponto correlato: visualização de gráficos.

Assim, pode-se elencar os textos e os conteúdos relacionados da seguinte forma: T8 procura explicitar conceitos geométricos, noção de espaço e aprofundar discussão sobre abstração; T9 apresenta uma percepção geométrica, mas insere o estudo da simetria axial; T3 faz referência à Geometria e Medida; T6, T7 e T11 apresentam, de forma mais específica, os poliedros ou sólidos de Platão (observando-se que T11 também abre espaço para o estudo das funções); T12, T15, T5, T13, T10 tratam, de forma geral, da Geometria Espacial; T1 apresenta Geometria, mas aborda, de forma mais específica, das secções no cubo; T4 destaca o conteúdo de Análise Matemática; T2 trata de funções de várias variáveis e T14 apresenta o conteúdo de Cálculo Diferencial e Integral. O Gráfico 1 destaca os conteúdos elencados.

Gráfico 1 – Conteúdos matemáticos trabalhados com RA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Com base nos resultados, pode-se inferir uma preocupação dos autores com conteúdos que requerem uma visualização mais detalhada de determinados aspectos. No caso da Geometria Espacial, por exemplo, uma preocupação recorrente foi a tridimensionalidade. Os autores relataram um déficit nesse componente, fazendo com que os alunos tenham dificuldade, por exemplo, em visualização, transformação de figuras bidimensionais em tridimensionais (e vice-versa), planificação de sólidos. Nesse contexto, a aposta na RA pelos autores tem o objetivo de proporcionar uma melhor compreensão por meio da inserção de figuras virtuais que podem ser manipuladas pelos alunos, gerando possibilidades ao ensino.

O questionamento Q_2 , por sua vez, procura compreender de que forma a RA está sendo aplicada, se por meio de plataformas, marcadores, aplicativos. A esse respeito, vale destacar a possibilidade de desenvolvimento de recursos em RA, de forma gratuita, pelos próprios docentes, conforme relatado em alguns dos trabalhos, e a disponibilidade de recursos já criados e que podem ser baixados ou acessados, também sem custo, por professores e alunos.

Assim, entre aplicativos utilizados, destacam-se T8: *LandscapAR*; T4: *Junaio*; T12 e T15: *GeoGebra 3D* (lembrando que em T12 também se utilizou o *Augment*); T3 e T9: *EduPARK*; T2: ambiente ARvirtual; T13, T7 e T10: *GeometriAR* (observando-se que T10 expôs também as potencialidades do *Polyèdres Augmentès* e *Geometrix*); T11: Sólidos Platônicos e *FootMath*; e T1: *GARBook*. Os autores de T6, T5 e T14 desenvolveram seus próprios aplicativos, mas não deixaram claro nos textos a denominação que deram a eles. Pode-se destacar o aplicativo *GeometriAR* utilizado em três trabalhos. Além disso, nota-se que a maioria dos aplicativos faz uso de marcadores, de modo que é necessário que os alunos baixem o aplicativo em seus *smartphones* ou *tablets* e utilizem a câmera para que possam acessar as imagens 3D em RA e manipulá-las.

Quanto ao questionamento levantado em Q_3 que trata da avaliação da RA para o Ensino de Matemática, pode-se evidenciar observação do desenvolvimento dos alunos, avaliação processual com realização de testes antes e/ou depois da inserção das aplicações com RA e questionários como as formas de avaliação escolhidas. O Gráfico 2 ilustra as principais formas de avaliação adotadas pelos autores. Vale destacar que alguns deles avaliaram os participantes de mais de uma maneira, conforme escrito no parágrafo seguinte que as detalha.

Gráfico 2 – Avaliação das aplicações com RA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Sobre Q₃, tem-se: em T8, T2, T1 e T14: avaliação processual ou aplicação de testes pré e/ou pós-utilização dos aplicativos (acrescenta-se que em T8 considera-se o envolvimento, em T1 aplica-se também um questionário de satisfação e em T14 realiza-se somente avaliação pós-utilização da RA); em T4, T6, T12, T3, T13 e T7: aplicação de questionário (acrescenta-se em T12 depoimentos espontâneos colhidos a partir das experiências, em T13 a realização de dois questionários, antes e depois da atividade proposta no aplicativo) e em T9, T15, T5, T7, T10 e T11: observação (acrescenta-se em T9 recolhimento de dados pelas mestrandas participantes em colaboração com os membros da equipe, em T15 resposta a uma questão proposta em forma de fórum em uma sala criada no *Google Classroom*, em T10 argumentação dos autores sobre as experiências significativas de aprendizagem por meio da utilização de aplicativos de RA, e em T11 realização de entrevistas).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da RSL possibilitou que o objetivo de conhecer algumas das pesquisas realizadas e publicadas na forma de artigo sobre a inserção da RA no contexto de Ensino de Matemática fosse atingido. As definições de RA apresentadas em Milgram *et al.* (1995), Azuma (1997), Billingham (2002), Carracedo (2012) e Cubillo Arribas *et al.* (2014) permitiram um entendimento do tema, bem como de suas possibilidades pedagógicas para o ensino em uma área na qual a abstração é um dos elementos fundamentais. É consenso entre os autores que a tecnologia pode ser especialmente valiosa para a educação, mas que a mesma não deve ser adotada de forma radical. Vale destacar que tal consenso também existe entre os autores dos artigos elencados no Quadro 7.

Nesse contexto, uma das possibilidades de inserção de tecnologias ou de ferramentas tecnológicas no ensino, em especial a RA, seria a de complemento das ferramentas tradicionais de ensino já utilizadas. Evidencia-se, a esse respeito, as aplicações realizadas por alguns dos autores mencionados que fizeram uso da RA como um acréscimo que objetivava estimular a compreensão de conteúdos mais abstratos por meio do desenvolvimento da visão tridimensional dos alunos. O conteúdo de Geometria Espacial, por exemplo, pode ser bastante beneficiado pela RA, visto a quantidade de aplicativos e de possibilidades aqui registradas.

Percebe-se com a realização da RSL que os aplicativos ou os *softwares* livres que já tratam da RA no Ensino da Matemática (seja na área de Geometria ou em outra área) vêm sendo utilizados por alguns professores que se propõem a ministrar uma aula mais dinâmica, participada e que motive os alunos. A produção de conteúdo pelos próprios professores destaca-se como um ponto notável deste trabalho, que exibiu ambientes e aplicativos criados com base nas demandas observadas nas salas de aula dos desenvolvedores. Percebe-se, também, que a maioria dos trabalhos se voltou para ensino de nível básico ou Graduação.

Além disso, constatou-se a pouca variação em relação aos conteúdos trabalhados. De acordo com as motivações dos autores, a Geometria Espacial foi um dos tópicos mais trabalhados devido às dificuldades percebidas em sala de aula em relação à manipulação ou visualização de conteúdos natureza abstrata. Um pensamento análogo sobre a questão da abstração pôde ser identificado nas pesquisas que tratavam de gráfico de funções de uma ou mais variáveis. Apesar de certa diversidade nos tópicos centrais – Análise Matemática, Cálculo Diferencial e Integral e Funções de Várias Variáveis – a demanda constante de uma visualização gráfica encontra-se presente e constitui um tópico de necessária abstração.

Em relação às avaliações realizadas pelos autores dos artigos analisados, a preocupação dos pesquisadores com os componentes motivação, interesse e satisfação chamam a atenção e configura-se como elemento comum na maioria das pesquisas apreciadas. A avaliação da utilização da RA no ensino geralmente vinha acompanhada de observações ou conversas com os alunos, em que se destacavam tais componentes. Os aspectos pedagógicos do ensino também foram analisados, mas não foram considerados os pontos primordiais na maioria das pesquisas. Além disso, alguns dos pesquisadores que empreenderam avaliações comparativas entre turmas ensinadas somente com ferramentas tradicionais e turmas nas quais a RA foi um complemento, não notaram diferenças tão significativas em relação à aquisição de conhecimento, dando maior ênfase nos componentes mencionados no início deste parágrafo.

Desse modo, entende-se que a RA é uma opção que se pode considerar no Ensino de Matemática, principalmente no que diz respeito à visualização de conteúdos de caráter mais abstrato, mas sua ausência ainda não acarreta diferenças tão significativas, afinal é necessário que haja uma intencionalidade no processo pedagógico em relação ao uso da tecnologia, seja ela qual for. Além disso, é preciso que se avance nas pesquisas para que esta possibilidade, atrelada ao ensino, enriqueça as aulas de Matemática. A quantidade de trabalhos e a pouca diversidade dos conteúdos trabalhados constitui uma lacuna e pode oportunizar reflexões e estimular mais pesquisas alternativas para enriquecer o ensino desta disciplina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora. Além disso, o segundo autor agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora (DT) e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo suporte ao projeto concedido através da Chamada Universal UNI-0210-00533.01.00/23.

REFERÊNCIAS

- ABAR, Celina Aparecida Almeida Pereira; CUNHA, Daniela Vieira. Formação inicial e continuada de professores de matemática no contexto da realidade aumentada. *Abakós*, v. 9, n. 2, p. 73-94, 2021.
- AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- BERUMEN LÓPEZ, Efrén; ACEVEDO SANDOVAL, Salvador; REVELES GAMBOA, Susana. Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, v. 11, n. 22, 2021. DOI: <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.890>
- BILLINGHURST, Mark. Augmented reality in education. *New Horizons for Learning*, v. 12, n. 5, p. 1-5, 2002.
- BUITRAGO-PULIDO, Rubén Darío. Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y Educadores*, v. 18, n. 1, p. 27-41, 2015. DOI: 10.5294/edu.2015.18.1.2
- CARDOSO, Teresa; COIMBRA, Teresa; MATEUS, Artur. Análise matemática e realidade aumentada: um estudo no ensino superior em Portugal. *Debates em Educação*, [S. l.], v. 10, n. 22, p. 271-283, 2018. DOI: 10.28998/2175-6600.2018v10n22p271-283
- CARRACEDO, Javier de Pedro. Realidad aumentada: un nuevo paradigma en la educación superior. *Actas del Congreso Iberoamericano Educación y Sociedad*, 2012. p. 300-307.
- CASTRO-FILHO, José Aires de; FREIRE, Raquel Santiago; CASTRO, Juscileide Braga de. Tecnologia e aprendizagem de conceitos matemáticos. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, v. 10, n. 2, p. 93-98, 2017.
- CERQUEIRA, José Manuel; CLETO, Bárbara; MOURA, João Martinho; SYLLA, Cristina; FERREIRA, Luís. *Aplicações móveis para o ensino da Matemática com realidade aumentada*. In: ENCONTRO SOBRE JOGOS E MOBILE LEARNING, 5., 2020. p. 177-187. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341313880_Aplicacoes_moveis_para_o_ensino_da_Matematica_com_realidade_aumentada. Acesso em: 21 maio 2023.
- CUBILLO ARRIBAS, Joaquín; MARTÍN GUTIÉRREZ, Sergio; CASTRO GIL, Manuel; COLMENAR SANTOS, Antonio. Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, v. 17, n. 2, p. 241-274, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271321965_Recursos_digitales_autonomos_mediante_realidad_aumentada. Acesso em: 21 maio 2023.
- DELMAS DA SILVA, Roberto Carlos; VASCONCELOS, Carlos Alberto. Realidade aumentada como apoio à aprendizagem de poliedros. *Ensino da Matemática em Debate*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 50-71, 2019. DOI: 10.23925/2358-4122.2019v6i2p50-71
- DE OLIVEIRA SETTIMY, Thaís Fernanda; BAIRRAL, Marcelo Almeida. Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. *Vidya*, v. 40, n. 1, p. 177-195, 2020.
- GARCIA, Fernando Oliveira; CORREIA, Ronaldo Celso Messias. Protótipo de realidade aumentada em dispositivos móveis na abordagem de Sólidos Geométricos. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 113-120, 2019. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2970>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- KENSKI, Vani Moreira. Aprendizagem mediada pela tecnologia. *Revista Diálogo Educacional*, v. 4, n. 10, p. 1-10, 2003.
- LIAO, Tarliz; JUNKES DE CARVALHO, Jhonatas Mayke. Realidade aumentada e interdisciplinaridade: o uso do aplicativo LandscAPAR no ensino de matemática e geografia. *EaD em Foco*, [S. l.], v. 10, n. 2, 2020. DOI: 10.18264/eadf.v10i2.1049
- LIAO, Tarliz; ALMEIDA, Sonia Regina Mincov; MOTTA, Marcelo Souza. Desenvolvimento de conceitos geométricos com alunos de um curso de pedagogia por meio de atividades envolvendo a realidade aumentada. *Revmat: Revista Eletrônica de Matemática*, v. 16, p. 1-18, 2021.
- MILGRAM, Paul; TAKEMURA, Haruo; UTSUMI, Akira; KISHINO, Fumio. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *SPIE. Telem manipulator and Telepresence Technologies*, v. 2.351, p. 282-292, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_reality-virtuality_continuum. Acesso em: 21 maio 2023.

NETO, Teresa Bixirão; POMBO, Lúcia. A formação inicial de professores para uma educação interdisciplinar – o exemplo do projeto EduPARK. *Saber & Educar*, [S. l.], n. 28, 2020. ISSN 1647-2144. DOI: <http://dx.doi.org/10.17346/se.vol28.389>

NOVAL, Marta D.; BRITO, Catarina B.; MAGALHÃES, Luís; PERES, Emanuel; SOUSA, Joaquim João; BARREIRA, João. GARBook: visualização de sólidos e de secções no cubo com recurso a realidade aumentada. *Interação*, v. 7, 2013.

OKOLI, Chitu. Guia para realizar uma revisão sistemática da literatura. Tradução David Wesley Amado Duarte. Revisão técnica e introdução João Mattar. *EaD em Foco*, [S. l.], v. 9, n. 1, 2019. DOI: 10.18264/eadf.v9i1.748. Disponível em: <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/748>. Acesso em: 11 abr. 2023.

PUNTES, Roberto Valdés. *Tecnologias de informação e comunicação no ensino de matemática*. Uberlândia, MG: UFU, 2017. 67 p.

RESENDE, Bruno; MÜLLER, Thaísa Jacintho. Mobile-learning: aprendizagem matemática por meio de realidade aumentada. *#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, Canoas, v. 7, n. 2, 2018. DOI: 10.35819/tear.v7.n2.a3187

RIBEIRO, Luis Otoni Mireles; GUTERRES, Lisandra Xavier; SILVEIRA, Denise Nascimento. O uso da realidade aumentada com dispositivos móveis na educação matemática como potência na geometria espacial. *Plurais – Revista Multidisciplinar*, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 40-57, 2020. DOI: 10.29378/plurais.2447-9373.2020.v5.n2.8922

RODRIGUES, Ana Rita; CARVALHO, Márcia; POMBO, Lúcia; NETO, Teresa. Projeto EduPARK e prática pedagógica supervisionada: desafios para alunos do 1º Ciclo do Ensino Básico. *Indagatio Didactica*, v. 9, n. 4, p. 211-226, 2017.

ROEVER, Leonardo. Compreendendo os estudos de revisão sistemática. *Rev. Soc. Bras. Clín. Méd.*, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2017. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/11/875614/152_127-130.pdf. Acesso em: 11 abr. 2023.

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000100013>

SOARES, Fredson Rodrigues; SANTANA, José Rogério; SANTOS, Maria José Costa dos. A realidade aumentada na aprendizagem de Geometria Espacial e as contribuições da Sequência Fedathi. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1-25, 2022. DOI: 10.26843/rencima.v13n4a11

Este artigo é o recorte de uma tese de Doutorado em andamento no Programa de Pós-Graduação em Ensino (Renoen/Ifce) da autora Lana Priscila Souza e orientado pelo autor Sandro César Silveira Jucá.

Autora correspondente

Lana Priscila Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Av. Treze de Maio, 2081 – Benfica, Fortaleza/CE, Brasil. CEP: 60040-531

lanaprisilasouza@yahoo.com.br

Este é um artigo de acesso aberto distribuído
sob os termos da licença Creative Commons.

