

EDVALDO FERREIRA DE PONTES NETO

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DAS TECNOLOGIAS IMERSIVAS NO
ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA

CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

João Pessoa

2023

EDVALDO FERREIRA DE PONTES NETO

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DAS TECNOLOGIAS IMERSIVAS NO
ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências Biológicas,
como requisito parcial à obtenção do grau de
Licenciado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Dr. André Luís Correa

João Pessoa

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N469a Pontes Neto, Edvaldo Ferreira de.

Análise da evolução do uso das tecnologias imersivas no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências / Edvaldo Ferreira de Pontes Neto. - João Pessoa, 2023.

108 p. : il.

Orientação: André Luís Correa.

TCC (Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas)
- UFPB/CCEN.

1. Realidade virtual. 2. Realidade aumentada. 3. Análise de conteúdo. 4. Ensino de ciências. I. Correa, André Luís. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 57(043.2)

EDVALDO FERREIRA DE PONTES NETO

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DAS TECNOLOGIAS IMERSIVAS NO
ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Ciências Biológicas,
como requisito parcial à obtenção do grau de
Licenciado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal da Paraíba.

Data: 13 de nov. 2023

Resultado: Aprovado


BANCA EXAMINADORA:



Dr. André Luís Correa

Orientador

(DME/CE/UFPB)



Dr.a Aluska da Silva Matias

Membro Interno

(DME/CE/UFPB)



Dr. Diego Adaylano Monteiro Rodrigues

Membro Externo

(FAEC/UECE)

Dedico a Deus, por essa conquista. À minha família por todo apoio, dedicação, incentivo e afeto. À minha avó, Gorette Ferreira, cuja motivação, amor e cuidado foi fundamental para a continuidade de minha jornada acadêmica. E ao meu sobrinho, Álvaro Heitor, que me enche de alegria e esperança com seu sorriso e sua inocência. Que ele possa crescer em sabedoria e graça, e que eu possa contribuir para seu futuro brilhante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, fonte inesgotável de força e inspiração, por ser o farol que guiou meus passos ao longo desta jornada. É por Sua graça e orientação que vislumbro a realização deste sonho de ser um cientista. Agradeço por despertar em mim a curiosidade pelos enigmas da vida e do universo, por ser o combustível dos meus sonhos e por permitir que eles se tornem realidade.

À minha amada família, um alicerce sólido e incondicional, expressei minha gratidão. Aos meus pais, Ednaldo e Jucileide, que sempre estiveram presentes, encorajando-me incansavelmente, mesmo diante das adversidades, tornando este objetivo possível. Obrigado por alimentarem meus estudos e sonhos, mesmo nos momentos de desânimo e exaustão. À minha querida avó, Gorette, cujo apoio e crença em meu potencial nunca cessaram de motivar novos sonhos. Ao meu avô, Edvaldo, por seu apoio e preocupação. À minha tia, Valdevânia, e meus primos, pelo apoio inestimável e amor incansável. À minha irmã, Cassandra, por ser minha companheira fiel em todos os momentos da minha jornada. Ao meu sobrinho, Álvaro Heitor, depósito minhas esperanças e afeição, vislumbrando um futuro luminoso. E a meus animais de estimação, meus gatos e meu cachorro, que, com sua incondicional afetuosidade, ofereceram suporte emocional nos momentos mais desafiadores. Além disso, desejo expressar minha gratidão aos familiares de João Pessoa, em particular a Ana Karina e à querida dona Socorro, sua mãe, por estenderem sua ajuda e apoio durante períodos cruciais desta etapa. Fui acolhido de maneira calorosa em sua casa, o que fez a diferença em meu percurso acadêmico.

A todos os demais familiares, mesmo não mencionados nominalmente, meu mais sincero agradecimento. Seja pela proximidade ou pela distância, cada um de vocês contribuiu de alguma maneira, proporcionando apoio e amor ao longo desta jornada acadêmica. Suas palavras encorajadoras, gestos de carinho e presença, independentemente do grau de proximidade, foram fundamentais e não passaram despercebidos. Cada membro da família tem um lugar especial em meu coração, e mesmo não mencionando a todos nominalmente, meu sentimento de gratidão é extensivo a cada um. A união e o apoio incondicional fornecido pela família desempenharam um papel crucial para alcançar esta conquista. Obrigado a todos pelo amor e suporte incondicional.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos aos amigos que se tornaram parte integrante desta jornada acadêmica, tornando-a repleta de momentos inesquecíveis e especiais.

Cada um de vocês foi um pilar essencial, proporcionando companheirismo, conversas enriquecedoras, e alegrias compartilhadas, tornando essa jornada mais leve e agradável.

Agradeço a João Paulo por sua amizade genuína, pelas jogatinas que aliviaram a pressão dos estudos, e pelas conversas que trouxeram alívio nos momentos de tensão acadêmica. A Vanessa e Thiago, obrigado por enfrentarmos juntos os desafios dessa trajetória universitária, pelas experiências partilhadas e pelo apoio mútuo, que sem dúvida, foram fundamentais. A todos os amigos que fizeram parte do percurso, embora não mencionados nominalmente, cada um teve um papel essencial nesse caminho. Suas interações e amizade tornaram essa jornada mais significativa.

Gostaria de fazer um agradecimento especial a Luiz Antonio, cujo companheirismo, apoio incondicional e paciência, foram de valor inestimável. Agradeço por abrir as portas de sua casa, oferecendo-me um lar durante meu tempo em João Pessoa, sem queixas ou restrições. E a Aline, por sua aceitação e apoio incondicional, mesmo nos momentos mais desafiadores. À comunidade de amigos que fez parte deste trajeto, vocês são uma parte essencial e valiosa deste capítulo da minha vida, e cada gesto, conversa e amizade foram elementos essenciais para a culminação desta jornada acadêmica. A todos, minha mais profunda gratidão

Àqueles que estiveram ao meu lado, orientando, apoiando e proporcionando as bases para o desenvolvimento deste trabalho, minha gratidão é imensa. Ao meu orientador, Prof. Dr. André Luís Correa, devo expressar minha admiração e profundo agradecimento. Sua dedicação incansável e seu suporte foram a bússola que guiou este trabalho. Nos momentos desafiadores, sua orientação foi fundamental, sua paciência inesgotável e a confiança depositada em mim foram alicerce para o meu crescimento acadêmico. A gratidão por todos os ensinamentos vai além das palavras, e a amizade que compartilhamos serão eternamente lembrados.

Ao Prof. Dr. Diego Adaylano Monteiro Rodrigues, mesmo com a sua partida da UFPB, a sua influência e suporte são inesquecíveis. Seu auxílio em meu TACC e orientação em meu projeto foram fundamentais, e mesmo à distância, não me deixou desamparado. Agradeço profundamente por ter me apresentado ao meu orientador, abrindo portas e caminhos para a realização deste trabalho. Seus conselhos e contribuições foram peças-chave nesta jornada acadêmica e, por isso, meu profundo agradecimento.

Quero expressar minha profunda gratidão a todos os professores que, com seu saber e dedicação, não apenas compartilharam conhecimento, mas também plantaram em mim a

mente do aprendizado. Sem a orientação, incentivo e sabedoria que transmitiram, não teria alcançado este estágio de minha jornada acadêmica.

Gostaria de expressar minha gratidão aos colegas de trabalho, em especial ao Prof. Ednardo Gabriel, um colaborador incrível e um verdadeiro companheiro de jornada. Sua constante orientação, apoio e presença significaram muito para mim. A convivência em nossa área, as horas compartilhadas, as conversas científicas e sua energia positiva foram fundamentais para minha experiência acadêmica. Agradeço profundamente pelo suporte e encorajamento que me foram dedicados.

À equipe docente, à gestão e aos funcionários da EMEF Joana Maria da Conceição, meu mais sincero agradecimento. A acolhida calorosa e o apoio inestimável fornecidos durante minha vivência na escola foram cruciais para o meu desenvolvimento e aprendizado. Cada pessoa que faz parte dessa instituição desempenhou um papel importante na minha trajetória acadêmica, e por isso, sou profundamente grato a todos vocês. Aos alunos, meu agradecimento especial, foi com vocês que aprendi e cultivei laços de amizade e sabedoria. Cada interação foi uma oportunidade de crescer, aprender e compartilhar conhecimento, e por isso, os agradeço profundamente.

Expresso minha sincera gratidão à Universidade Federal da Paraíba, que foi mais do que uma instituição de ensino para mim. Tornou-se um lar, um lugar onde vivi momentos memoráveis, uma fonte de aprendizado e crescimento pessoal e profissional. À Coordenação do meu curso e a todo o corpo de gestão e professores, meu agradecimento é profundo. Suas orientações, dedicação e apoio foram fundamentais para minha formação. A riqueza das experiências acadêmicas, as oportunidades de aprendizado e os desafios que encontrei moldaram minha jornada, e por isso, os agradeço calorosamente. Cada pessoa, cada disciplina e cada momento passado nos corredores e salas de aula da universidade contribuíram para a minha formação como estudante e ser humano. Guardarei essas lembranças como tesouros, sabendo que a base do meu conhecimento e crescimento foi construída aqui. O meu sentimento de gratidão é imenso e permanente

Além disso, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação e a realização deste trabalho. Cada gesto, cada palavra de estímulo, cada instante de auxílio foi fundamental para este percurso. Meus mais sinceros agradecimentos a todos os que, de alguma maneira, participaram dessa construção

*“[...] O que é um homem,
Se seu maior bem e melhor emprego de seu tempo
Forem tão somente comer e dormir? Um animal,
nada mais.
Decerto aquele que nos criou com tanto
discernimento,
Com o poder de olhar o passado e imaginar o
porvir,
não nos deu essa capacidade e essa razão sublime
Para ser sufocada em nós, sem uso.”*

(William Shakespeare)

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar
as possibilidades para a sua própria produção ou
a sua construção”.*

(Paulo Freire)

RESUMO

O trabalho aborda a evolução temporal das tecnologias de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) presentes no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). A RV cria ambientes simulados tridimensionais, oferecendo experiências multissensoriais através de dispositivos específicos, enquanto a RA sobreposta ao mundo real aprimora a interação dos usuários. Esta investigação é uma pesquisa bibliográfica que procurou levantar nos anais do ENPEC, os textos que faziam alguma menção as tecnologias imersivas de RV e RA. A estrutura metodológica deste estudo foi concebida tendo como base as diretrizes apresentadas no trabalho de Snyder (2019) para uma revisão narrativa. Para esta análise, assumimos as proposições teórico-metodológicas de Lima e Miotto (2007) e da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011). O ENPEC desempenha um papel vital ao apresentar e discutir pesquisas recentes e tendências em educação científica, inclusive no uso de tecnologias imersivas. A RV e a RA, quando integradas na educação, podem melhorar a compreensão dos alunos, especialmente em conceitos científicos complexos, proporcionando experiências interativas e visuais. No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e ao custo dos dispositivos, além da necessidade de alinhar o desenvolvimento de conteúdo com princípios pedagógicos. A pesquisa demonstrou que o tema de RV e RA só começou a ser apresentado no evento em 2005, e que a produção com o uso desse tema tem sido pequena e irregular, com uma ausência nas primeiras edições, mas, com um crescimento progressivo. Foi possível verificar ainda que a RA é a tecnologia imersiva mais utilizada nos trabalhos. Identificamos que os autores demonstraram consistentemente que a utilização da RV e RA no ensino de ciências pode trazer benefícios substanciais. Corroborando com o visto na literatura mais atual. A pesquisa buscou identificar tendências, desafios e perspectivas dessas tecnologias na educação científica brasileira. A análise visou contribuir para o avanço do conhecimento sobre o uso das tecnologias imersivas na educação em ciências no Brasil, fomentando o potencial aprimoramento entre a mediação, assim como, a possibilidade de práticas educacionais inovadoras e promovendo um debate informado sobre o tema entre os docentes.

Palavras-chave: Realidade Virtual; Realidade Aumentada; Análise de conteúdo; Ensino de Ciências.

ABSTRACT

This work examines the temporal evolution of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies presented at the National Meeting for Research in Science Education (ENPEC). VR creates three-dimensional simulated environments, offering multisensory experiences through specific devices, while AR, superimposed on the real world, enhances user interaction. This investigation is a bibliographical study that aimed to gather, from the ENPEC proceedings, texts referring to VR and AR immersive technologies. The methodological structure of this study was designed based on the guidelines presented in Snyder's work (2019) for a semi-systematic review. For this analysis, we adopted the theoretical and methodological propositions of Lima and Mito (2007), as well as the Content Analysis proposed by Bardin (2011). ENPEC plays a vital role in presenting and discussing recent research and trends in science education, including the use of immersive technologies. VR and AR, when integrated into education, can enhance students' understanding, especially of complex scientific concepts, by providing interactive and visual experiences. However, the implementation of these technologies faces challenges related to infrastructure and device costs, as well as the need to align content development with pedagogical principles. The research demonstrated that the VR and AR theme only began to be presented at the event in 2005 and that the production related to this theme has been limited and irregular, with an absence in the first editions, but with progressive growth. It was also possible to verify that AR is the most utilized immersive technology in the works. We identified that the authors consistently showed that the use of VR and AR in science teaching can yield substantial benefits, corroborating what is observed in the most current literature. The research aimed to identify trends, challenges, and prospects of these technologies in Brazilian science education. The analysis aimed to contribute to advancing knowledge about the use of immersive technologies in science education in Brazil, fostering innovative educational practices, and promoting an informed debate on the topic among teachers.

Keywords: Virtual Reality; Augmented Reality; Content analysis; Science teaching.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Visualização da tendência ao longo do tempo dos trabalhos da ENPEC.....	59
Gráfico 2 — Comparação dos números de trabalhos entre as diferentes edições	60
Gráfico 3 — Comparação dos números de trabalhos entre as diferentes aplicações tecnológicas imersivas.....	63
Gráfico 4 — As diversas abordagens presentes nos trabalhos sobre o uso de tecnologias imersivas apresentados no ENPEC	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Relação de artigos do ENPEC finais e comparação entre o número total de trabalhos com os trabalhos selecionados	53
Quadro 2 — Relação de artigos do ENPEC incluídos. Título dos artigos encontrados, ano de publicação, edição do ENPEC e referente identificação dos autores	54
Quadro 3 — Quadro resumo com a classificação e categorização dos artigos sobre realidade virtual e aumentada encontrados nos anais do ENPEC desde 1997 a 2021	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRAPEC	Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
AE	Aprendizagem Experimental
EH	Experiência Híbrida
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
HMD	<i>Head-mounted display</i>
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Mista
RV	Realidade Virtual
RVA	Realidade Virtual e Aumentada

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE QUADROS.....	12
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	13
1. INTRODUÇÃO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1. Realidade Virtual	22
2.2. Realidade Aumentada	24
2.3. Imersão e Tecnologias Imersivas.....	26
2.4. Experiência Híbrida	29
2.5. Aprendizagem Experiencial.....	30
2.6. Tecnologias Imersivas na Educação.....	31
2.7. Ensino em Ciências no Brasil.....	37
2.8. Desafios do Ensino de Ciências No Brasil.....	40
2.9. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências — ENPEC.....	41
3. OBJETIVOS	44
3.1. Objetivo Geral:	44
3. 2. Objetivos Específicos:.....	44
4. METODOLOGIA.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1. Apresentação dos dados	54
5.2. Análise dos Resultados	Erro! Indicador não definido.
5.2.1. Aplicação de realidade virtual e aumentada no ensino	54
5.2.2. Reflexão sobre o uso de realidade virtual	58

5.3. Distribuição temporal	59
5.4. Tendência, temática e aplicação mais abordadas	61
5.5. Abordagem metodológica	64
5.6. Resultados e impactos	69
5.7. Lacunas e desafios	74
5.8. Implicações para a prática educacional	78
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS	91

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Algumas tecnologias que pareciam pertencer apenas ao mundo da ficção científica estão se tornando realidade atualmente. Entre elas, podemos destacar a realidade virtual e a realidade aumentada, que permitem criar e interagir com ambientes simulados por meio de dispositivos eletrônicos. Essas tecnologias têm diversas aplicações, desde o entretenimento até a educação, passando pela medicina, pela indústria e pelo comércio. A realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA) são capazes de proporcionar experiências imersivas e envolventes, que podem ampliar os horizontes e as possibilidades das pessoas (Perez-Marcos, 2018; Skarbez *et al.*, 2021; Cypress; Caboral-Stevens, 2022).

Uma das obras pioneiras da ficção científica que explorou o conceito de realidade virtual foi o livro *Neuromancer*, de William Gibson, publicado em 1984. Nesse romance, o autor apresenta um mundo onde as pessoas podem se conectar a uma rede global de computadores chamada *cyberespaço*, e vivenciar cenários virtuais criados por inteligências artificiais. A presença de tecnologias imersivas semelhantes à RV e a RA são intrínsecos à construção narrativa do livro, servindo como uma premonição das inovações tecnológicas que agora exploramos. Hoje em dia, essa ideia não é mais tão distante da realidade, pois existem tecnologias que permitem criar e interagir com ambientes simulados por meio de dispositivos eletrônicos. O trecho a seguir, do livro *Neuromancer* não nos foge de nossa atualidade:

[...] Ele fechou os olhos.
 Encontrou a face em relevo do botão de Power.
 E, na escuridão iluminada de sangue atrás de seus olhos, fosfenos prateados queimando na borda do espaço, imagens hipnagógicas se alternando rapidamente como filmes compilados a partir de frames aleatórios. Símbolos, figuras, rostos, uma mandala fragmentada de informação visual.
 Por favor, ele rezou, *agora...*
 Um disco cinza, da cor do céu de Chiba.
Agora...
 O disco começou a girar, tornando-se uma esfera de um cinza mais claro.
 Expandindo...
 E fluiu, floresceu para ele, um truque de origami de neon fluido, o desdobrar de sua casa sem distância, seu país, um tabuleiro de xadrez 3D transparente se estendendo até o infinito. O olho interior se abrindo para a pirâmide asteca escarlate da Eastern Seaboard Fission Authority queimando para além dos cubos verdes do Mitsubishi Bank of America, e alto e bem ao longe ele viu os braços em espiral de sistemas militares, para sempre além do seu alcance.
 E, em algum lugar, ele estava rindo, em um loft pintado de branco, dedos distantes acariciando o deck, lágrimas de libertação correndo pelo rosto. [...] (Gibson, 2016, p. 77-78).

A RV e a RA são tecnologias que têm sido amplamente exploradas em diversos campos, incluindo literatura e pesquisa acadêmica. No contexto do livro *Neuromancer* de William

Gibson, tanto à RV quanto a RA desempenham papéis significativos na formação da narrativa e na exploração de temas relacionados à tecnologia, ao ciberespaço e às interações homem-máquina.

Neuromancer, publicado em 1984, é frequentemente creditado por popularizar o termo “ciberespaço” e prever o desenvolvimento de tecnologias de RV (Bos, 2021). O conceito de ciberespaço no livro refere-se a um espaço de realidade virtual onde os usuários podem navegar e interagir com informações e redes digitais. Esta ideia de ambiente de realidade virtual alinha-se com a definição de RV como um ambiente simulado que pode ser semelhante ou completamente diferente do mundo real (Bos, 2021). Em Neuromancer, os personagens entram no ciberespaço através de uma interface neural, mergulhando em um mundo virtual, no qual podem acessar e manipular dados.

Essa visão fascinante de Gibson sobre o ciberespaço não apenas cativou a imaginação dos leitores, mas também teve um impacto tangível na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias imersivas. Um exemplo notável é o trabalho pioneiro de Jun Rekimoto, pesquisador de Interação Humano-Computador (HCI) da SONY CSL/Universidade de Tóquio. A tecnologia que ele desenvolveu, denominada *JackIn*, recebeu o nome de uma frase de Neuromancer (Osawa *et al.*, 2022). Esta tecnologia permite aos utilizadores sobrepor os seus corpos em pontos de vista remotos, criando uma sensação de presença e imersão semelhante às experiências de RV. O *JackIn* ecoa diretamente as concepções de Neuromancer e é um testemunho do poder das visões da ficção científica em moldar nossa realidade.

Além da RV, Neuromancer também aborda o conceito de RA. A RA é uma tecnologia que sobrepõe informações virtuais ao mundo real, permitindo aos usuários interagirem com elementos virtuais e reais (Li, 2022). Embora Neuromancer se concentre principalmente na RV e no ciberespaço, ele explora as fronteiras indefinidas entre os mundos virtual e físico. Os personagens do livro utilizam interfaces de realidade aumentada para acessar e manipular informações digitais em tempo real, melhorando sua percepção e interação com o ambiente.

A RV é uma tecnologia baseada em computador que cria um ambiente simulado, permitindo aos usuários interagirem e explorarem um mundo virtual tridimensional. Ele mergulha os usuários em um ambiente gerado por computação, que pode ser experimentado por meio de *headsets* especializados ou outros dispositivos. A RV proporciona uma experiência multissensorial, normalmente incorporando *feedback* visual, auditivo e, às vezes, tátil (toque), para criar uma sensação de presença e imersão no ambiente virtual (Perez-Marcos, 2018; Skarbez *et al.*, 2021; Cypress; Caboral-Stevens, 2022).

A RA, por outro lado, sobrepõe informações digitais ou objetos virtuais ao ambiente do mundo real, melhorando a percepção e a interação do usuário com o mundo físico. A tecnologia RA integra conteúdo gerado por computação, como imagens, vídeos ou modelos 3D, na visualização em tempo real do usuário, normalmente por meio do uso de *smartphones*, *tablets* ou *smart glasses* (óculos inteligentes) (Vaquero-Melchor *et al.*, 2020; Carroll *et al.*, 2021; Kabanda *et al.*, 2022).

Os temas de RV e RA em *Neuromancer* estão intimamente relacionados aos conceitos mais amplos do pós-humanismo e ao impacto da tecnologia na experiência humana. O pós-humanismo desafia a noção tradicional do sujeito humanista liberal e explora a fusão de humanos e máquinas (Jandrić *et al.*, 2018). Em *Neuromancer*, as interações dos personagens com as tecnologias RV e RA refletem essa indefinição das fronteiras entre humanos e tecnologia, à medida que navegam no ciberespaço e manipulam informações digitais.

Além disso, as aplicações potenciais das tecnologias RV e RA vão além do mundo ficcional de *Neuromancer*. No mundo real, a RV e a RA têm sido rapidamente utilizadas em vários contextos, incluindo jogos, navegação, medicina, educação e design (Lee *et al.*, 2019). Estas tecnologias têm o potencial de melhorar o bem-estar, superar limitações e melhorar a qualidade de vida dos idosos (Lee *et al.*, 2019). Também oferecem novas possibilidades de processos de ensino e aprendizagem, permitindo experiências educacionais interativas e imersivas (Anjos *et al.*, 2021).

O uso de tecnologias imersivas de RV e RA na educação ganhou atenção significativa nos últimos anos. Estudos demonstraram que estas tecnologias podem melhorar os resultados da aprendizagem, o envolvimento e a satisfação dos alunos (Allcoat *et al.*, 2021; Ryan *et al.*, 2022). Os sistemas RV e RA fornecem aos usuários ambientes virtuais interativos que se misturam com o mundo real, criando uma experiência de realidade simulada ou aprimorada (Yin *et al.*, 2020). Estas tecnologias oferecem oportunidades para exploração prática, visualização de conceitos abstratos e experiências de aprendizagem colaborativa (Blyth, 2018). No contexto da educação científica, a RV e a RA podem ser particularmente valiosas para a visualização de fenômenos científicos complexos, a realização de experiências virtuais e a exploração de ambientes virtuais que de outra forma seriam inacessíveis (Reis *et al.*, 2021).

O rápido avanço das tecnologias imersivas de RV e RA abriu novas possibilidades para a educação, incluindo a educação científica. Estas tecnologias oferecem oportunidades únicas para envolver os alunos em experiências interativas e imersivas, melhorando a sua compreensão e retenção de conceitos científicos. Com esta fundação estabelecida, neste trabalho, objetivamos analisar as características da utilização das tecnologias imersivas de RV e RA nos trabalhos

apresentados no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), considerando desde a primeira à penúltima edição, realizada em 2021, com isso, identificar as tendências, os desafios e as perspectivas do uso dessas tecnologias na educação em ciências no contexto brasileiro. É válido informar que a última edição do ENPEC aconteceu em 2023, porém, até a defesa deste trabalho, os anais ainda não estão disponíveis.

A escolha do ENPEC é justificada por este evento ser um ponto focal para a exploração de tecnologias imersivas na educação científica no Brasil. É um evento acadêmico de alta relevância no cenário brasileiro. Funciona como um fórum de intercâmbio acadêmico, permitindo a apresentação e discussão de pesquisas recentes, tendências e desafios na área da Educação em Ciências. Além disso, promove o *networking* entre pesquisadores, incentivando a colaboração e parcerias. A divulgação de estudos e metodologias atualizadas contribui para o aprimoramento profissional e a inovação no campo educacional. Essa iniciativa é fundamental para estimular a produção científica, a formação de profissionais qualificados e, por consequência, a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem nessa área.

Para realizar esta análise, adotamos uma abordagem qualitativa e bibliográfica, realizando um levantamento dos trabalhos publicados nos anais da ENPEC que abordam tecnologias imersivas de RV e RA. Esta abordagem permite-nos reunir e sintetizar conhecimentos e percepções existentes na literatura, proporcionando uma compreensão em recorte do estado atual das tecnologias imersivas na educação científica no Brasil. Esperamos contribuir para o avanço do conhecimento sobre o uso das tecnologias imersivas na educação em ciências no Brasil, bem como para o fomento de novas pesquisas e práticas educacionais inovadoras ao constatar os que os docentes estão debatendo sobre a temática.

REFERENCIAL TEÓRICO

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Realidade Virtual

A realidade virtual (RV) é uma tecnologia que permite ao usuário ser transportado para um ambiente digital simulado, imersivo e interativo. Este ambiente virtual pode ser criado por meio de *software* especializado, que inclui gráficos em 3D, som, movimento e outras características sensoriais que ajudam a criar a ilusão de um ambiente realista. A RV é criada através de um conjunto de tecnologias que incluem dispositivos como *head-mounted displays* (HMD), “monitores montados na cabeça” em uma tradução livre, sistemas de rastreamento de movimento e controladores de interação. O usuário é transportado para um ambiente virtual, onde pode interagir com objetos e cenários de forma imersiva, como se estivesse dentro desse mundo. A realidade virtual é criada por meio de *software* que gera imagens 3D e animações em tempo real, criando uma sensação de presença no ambiente virtual (Bown *et al.*, 2017; Pottle, 2019; Park; Kim, 2022). O conceito de RV evoluiu ao longo do tempo, com diferentes definições propostas por diversos autores.

Uma definição de RV enfatiza a sensação de presença e imersão que ela gera. Pottle (2019) afirma que o valor da realidade virtual vem da sensação de “estar lá” e da sensação de presença que ela cria. Esta definição destaca a importância da imersão e a capacidade da RV de transportar os usuários para outra dimensão que se assemelha ao mundo real (Siswantoro, 2023). A natureza imersiva da RV é alcançada através do uso de *headsets* (óculos de realidade virtual) que bloqueiam o mundo real, permitindo aos utilizadores interagir totalmente com o ambiente virtual (Bown *et al.*, 2017; Pottle, 2019; Park; Kim, 2022).

Outro aspecto da realidade virtual é a estimulação multissensorial que ela proporciona. Perez-Marcos (2018) define realidade virtual como um “ambiente baseado em computador, interativo e multissensorial que ocorre em tempo real”. Esta definição enfatiza a natureza interativa da RV e o uso de múltiplos sentidos para criar uma experiência realista e envolvente. A integração de *feedback* visual, auditivo e, às vezes, tátil aumenta a sensação de presença e realismo em ambientes de RV (Mitre-Ortiz *et al.*, 2022).

No entanto, uma definição unificada de RV ainda é objeto de debate na literatura. Segundo Kardong-Edgren *et al.* (2019), há uma necessidade de unificar as definições de RV, pois muitas vezes as definições podem ser confusas e ambíguas, dificultando a compreensão e o desenvolvimento da tecnologia. Porém, em geral, a RV é caracterizada por três elementos: a imersão, a interatividade e a simulação. A imersão refere-se à sensação de estar presente em

um ambiente virtual, a interatividade é a capacidade de interagir com o ambiente virtual e a simulação é a criação de um ambiente que simula a realidade.

É válido salientar que a RV tem sido frequentemente confundida com outras tecnologias imersivas, como a RA e a realidade mista (RM). Embora compartilhem algumas semelhanças, como o uso de ambientes digitais e dispositivos tecnológicos, essas tecnologias têm diferenças significativas que as distinguem. Segundo Rauschnabel *et al.* (2022), a RV é uma tecnologia imersiva que cria ambientes digitais simulados, enquanto a RA adiciona elementos digitais ao ambiente real, e a realidade mista combina elementos digitais e físicos em um ambiente integrado.

A RV tem sido usada em diversas áreas, incluindo educação, saúde, treinamento militar, entretenimento e negócios. Na educação, a RV pode ser usada para criar ambientes virtuais que permitem aos alunos aprenderem habilidades práticas em um ambiente seguro e controlado, através da criação de ambientes virtuais que permitem a simulação de situações que seriam difíceis ou impossíveis de se realizar na vida real (Maas; Hughes, 2020).

Na área da saúde, a RV tem sido usada para treinar profissionais de saúde em habilidades médicas complexas, como a cirurgia (Kardong-Edgren *et al.*, 2019). No contexto da educação médica, a RV tem sido reconhecida como uma ferramenta poderosa para melhorar as experiências de aprendizagem. Passou a ser cada vez mais utilizado em programas de ciências médicas e da saúde para complementar os métodos tradicionais de ensino (Moro *et al.*, 2021). Ainda segundo estes autores que conduziram uma revisão sistemática e meta-análise que avaliou o impacto da RV no conhecimento aquisição para estudantes de fisiologia e anatomia. A revisão descobriu que aprimoramentos de RV, incluindo realidade virtual e aumentada, melhoraram o desempenho em testes nessas disciplinas (Moro *et al.*, 2021). A RV permite que os alunos interajam com ambientes e personagens virtuais de uma forma que pareça real, proporcionando uma experiência de aprendizagem única e envolvente (Pottle, 2019).

A RV também tem sido explorada no contexto do ensino de anatomia. Iwanaga *et al.* (2022) conduziram uma revisão para compreender melhor o uso de um Metaverso no ensino de anatomia. A revisão descobriu que as simulações de RV no ensino de anatomia proporcionam uma experiência de aprendizagem prática e permitem aos alunos visualizarem conceitos anatômicos complexos em um espaço tridimensional (Iwanaga *et al.*, 2022). A realidade virtual tem o potencial de melhorar a compreensão espacial dos alunos e melhorar a aquisição de conhecimentos em fisiologia e anatomia (Moro *et al.*, 2021).

A utilização da RV e da RA expandiu-se para diversos campos, incluindo a educação, onde foram utilizadas para melhorar as experiências de aprendizagem e fornecer conteúdos

interativos e envolventes (Zhang *et al.*, 2023). Na educação médica, a RV tem sido utilizada para fins de treinamento, permitindo que os alunos pratiquem procedimentos em um ambiente realista e seguro (Otero-Varela *et al.*, 2023). Na arquitetura, RV e RA têm sido utilizados para visualização e simulação de projetos (ALP *et al.*, 2023).

O contexto histórico da RV demonstra a evolução e o desenvolvimento contínuos da tecnologia, impulsionados pelos avanços na computação gráfica, tecnologia de exibição e dispositivos de entrada. As contribuições de pioneiros como Ivan Sutherland e Jaron Lanier lançaram as bases para as experiências modernas de RV que temos hoje. O ressurgimento da RV na década de 2010, impulsionado pelos avanços na tecnologia de exibição e pela introdução de dispositivos de RV acessíveis para o consumidor, como o *Oculus Rift*, levou à sua adoção generalizada em vários setores, com pesquisa e desenvolvimento contínuos ampliando os limites do que é possível em experiências imersivas (Bown *et al.*, 2017; Slater, 2018).

2.2. Realidade Aumentada

A realidade aumentada (RA) é uma tecnologia que sobrepõe informações digitais, como imagens, vídeos ou modelos 3D, ao mundo real, melhorando a percepção do usuário e a interação com seu ambiente (Dam *et al.*, 2022). O conceito de RA evoluiu ao longo dos anos desde a sua criação, com vários autores contribuindo para a sua definição e compreensão.

Uma definição de RA enfatiza seu meio visual e a confiança na capacidade de visão do usuário. Dam *et al.* (2022) afirmam que “RA é realizada principalmente usando um meio visual, e quase todas as aplicações de RA dependem da capacidade de visão do usuário”. Esta definição destaca a natureza visual da RA e a sua dependência da percepção visual do utilizador para experimentar o conteúdo “aumentado”.

O conceito de RA, para Cannizzaro *et al.* (2022) refere-se a uma tecnologia que sobrepõe informações digitais ao mundo real, melhorando a percepção e a interação do usuário com seu ambiente (CANNIZZARO *et al.*, 2022). Segundo Maas e Hughes (2020), a RA é uma forma de interação homem-computador que utiliza a percepção do mundo real e adiciona informações virtuais em tempo real. Já Wu *et al.* (2013) definem a RA como uma técnica que combina elementos virtuais gerados por computador com a realidade física, em tempo real e de forma interativa, proporcionando uma experiência enriquecida e imersiva para os usuários.

No entanto, a definição da RA ainda é contestada por alguns pesquisadores. Liao (2016) destaca que a definição da RA varia de acordo com os contextos de uso, tornando-se uma questão em disputa entre diferentes grupos de pesquisa. Para Rauschnabel *et al.* (2022), a RA

pode ser definida como uma experiência de usuário que combina elementos do mundo real e virtual, proporcionando uma experiência imersiva e interativa. Já Milgram (1994) diz ser a mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto do espectro que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais (Skarbez *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, a RA ganhou atenção significativa e encontrou aplicações em vários campos, incluindo saúde, educação, varejo e manufatura. No contexto educacional, a RA pode ser utilizada para enriquecer o aprendizado dos alunos. Maas e Hughes (2020) destacam que a RA pode oferecer experiências educacionais mais imersivas e envolventes, possibilitando que os alunos interajam com objetos virtuais em tempo real, como planetas, animais e células. Além disso, a RA pode ser utilizada para simular situações do mundo real, como experiências em laboratórios e simulações de processos industriais, oferecendo uma abordagem mais prática e aplicada ao ensino.

No contexto da saúde, a RA tem ganhado atenção pelos seus potenciais aplicações em especialidades e formação médica. Munzer *et al.* (2019) conduziu uma revisão de escopo sobre realidade aumentada em medicina de emergência e destacou a necessidade de mais pesquisas neste campo. Enfatizaram o papel potencial da RA na mudança da forma como a medicina de emergência presta cuidados e a importância de explorar as suas aplicações na formação e na prestação de cuidados.

O uso da RA na educação médica e nas subespecialidades cirúrgicas também tem sido reconhecido seu potencial. Ela tem sido utilizada em procedimentos cirúrgicos, treinamento médico e educação de pacientes. Os cirurgiões podem utilizar RA para visualizar a anatomia do paciente em tempo real durante as cirurgias, melhorando a precisão e reduzindo riscos (Cannizzaro *et al.*, 2022). A RA também tem sido empregada na educação médica para aprimorar experiências de aprendizagem e fornecer conteúdo interativo e imersivo (Khalaf *et al.*, 2020).

A RA também encontrou aplicações na educação, particularmente em disciplinas como física e matemática. Rahmat *et al.* (2023) implementou RA móvel no aprendizado de física para alunos do ensino fundamental e descobriu que os alunos que usavam RA tinham resultados de aprendizagem mais elevados em comparação com os métodos tradicionais. Isto sugere o potencial da RA para melhorar as experiências de aprendizagem e melhorar o envolvimento dos alunos em ambientes educacionais (Rahmat *et al.*, 2023).

Olhando para o futuro, a RA apresenta possibilidades promissoras. Pesquisadores e desenvolvedores estão continuamente explorando novas aplicações e avanços na tecnologia RA. Espera-se que a integração da RA com outras tecnologias emergentes, como a inteligência

artificial e as redes 5G, melhore ainda mais as capacidades e o potencial da RA (Akhtar *et al.*, 2020). Prevê-se também que o desenvolvimento de dispositivos vestíveis de RA, como óculos inteligentes, torne a RA mais acessível e integrada em vários contextos (Cannizzaro *et al.*, 2022).

2.3. Imersão e Tecnologias Imersivas

O conceito de imersão no contexto das tecnologias imersivas refere-se à medida em que um utilizador se sente totalmente envolvido e absorvido numa experiência de realidade virtual ou aumentada. A imersão é um conceito psicológico e não uma propriedade da própria tecnologia. Envolve criar uma sensação de presença e uma sensação de estar “dentro” do ambiente virtual, onde a atenção e o foco do usuário são direcionados para o conteúdo digital (Agrawal *et al.*, 2020).

Tecnologias imersivas, como RV e RA, visam ampliar o ambiente sensorial de um indivíduo, emulando ou simulando a realidade física por meio da tecnologia. A RV fornece uma visualização tridimensional totalmente digital que transpõe os usuários para um ambiente alternativo, criando uma sensação de imersão. A RA, por outro lado, sobrepõe informações digitais ao mundo real, melhorando a percepção e a interação do usuário com seu ambiente (Alqudimat *et al.*, 2021).

O nível de imersão experimentado pelos usuários pode variar dependendo de vários fatores, incluindo a qualidade dos gráficos, o nível de interatividade, o grau de realismo e a capacidade do usuário de suspender a descrença e se envolver totalmente com o ambiente virtual ou aumentado (Agrawal *et al.*, 2020). A imersão pode ser avaliada quantitativamente por meio de diversas medidas, como questionários de presença e respostas fisiológicas. Além disso, tarefas de verbalização podem ser utilizadas para obter descritores para a experiência imersiva (Agrawal *et al.*, 2020).

No domínio do patrimônio cultural, as tecnologias de realidade imersiva têm sido utilizadas para melhorar a aprendizagem cultural e proporcionar aos visitantes as suas próprias interpretações dos bens culturais (Bekele; Champion, 2019). Estas tecnologias podem aumentar a acessibilidade aos artefatos e permitir que os utilizadores tenham uma experiência mais imersiva e envolvente. Experiências imersivas em ambientes de patrimônio cultural podem ser facilitadas através da utilização de tecnologias RV e RA, permitindo aos utilizadores explorar reconstruções virtuais de locais e artefatos históricos (Bekele; Champion, 2019).

No contexto da saúde, as tecnologias imersivas têm sido exploradas como alternativas não farmacológicas para o manejo da ansiedade perioperatória e da dor aguda e crônica em pacientes pediátricos. À RV e à RA podem criar uma sensação de imersão e distração, ajudando a aliviar a ansiedade e a dor. Ao proporcionar uma experiência imersiva e envolvente, estas tecnologias têm o potencial de melhorar o bem-estar dos pacientes e melhorar os resultados nos ambientes de saúde (Alqudimat *et al.*, 2021).

No contexto dos centros de bem-estar para idosos, as tecnologias imersivas têm sido estudadas para apoiar o envelhecimento bem-sucedido e melhorar a atenção e concentração dos utilizadores. A tecnologia de imersão, como à RV, pode criar um ambiente estimulante e envolvente para os idosos, promovendo o bem-estar cognitivo e físico. Ao proporcionar experiências imersivas, os centros de bem-estar para idosos podem oferecer programas e serviços inovadores que contribuem para um envelhecimento bem-sucedido (Lee; Park, 2020).

O uso de tecnologias imersivas, especificamente RV e realidade aumentada RA, no ensino de ciências naturais no ensino médio e fundamental no contexto brasileiro tem ganhado atenção nos últimos anos. As tecnologias imersivas têm o potencial de melhorar a experiência de aprendizagem, fornecendo aos alunos conteúdo educacional interativo e envolvente (Marks; Thomas, 2021).

As tecnologias de realidade virtual e aumentada foram reconhecidas como ferramentas inovadoras no ensino superior (Sümer; Vaněček, 2022). Essas tecnologias oferecem a oportunidade de criar ambientes de aprendizagem imersivos que não são fisicamente acessíveis aos alunos, como modelos 3D e vídeos interativos em 360° (Xie, 2022). No contexto brasileiro, a adoção de RV e RA no ensino de ciências naturais ainda está em estágio inicial (Abutayeh *et al.*, 2022). No entanto, há evidências crescentes dos benefícios potenciais do uso de tecnologias imersivas na educação, particularmente no campo das ciências naturais.

Uma área onde as tecnologias imersivas têm se mostrado promissoras é na redução da ansiedade e no controle da dor em pacientes pediátricos. Estudos exploraram o uso de RV e RA como alternativas não farmacológicas para ansiedade perioperatória e manejo da dor aguda e crônica. Essas tecnologias proporcionam distração e criam uma sensação de imersão, o que pode ajudar a aliviar a ansiedade e a dor em pacientes pediátricos. Esta evidência sugere que as tecnologias imersivas podem ser benéficas na criação de um ambiente de aprendizagem mais confortável e envolvente para os estudantes de ciências naturais (Alqudimat *et al.*, 2021).

No contexto do ensino de ciências naturais, tecnologias imersivas podem ser utilizadas para visualizar conceitos e fenômenos complexos. Por exemplo, a realidade virtual pode ser usada para criar simulações de experimentos científicos ou para explorar ambientes de difícil

acesso na vida real. Isto pode melhorar a compreensão dos conceitos científicos pelos alunos e promover a aprendizagem ativa (Xie, 2022). A realidade aumentada, por outro lado, pode sobrepor informações digitais ao mundo real, permitindo aos alunos interagirem com objetos virtuais e visualizar conceitos abstratos. Ao combinar elementos virtuais e reais, a realidade aumentada pode proporcionar uma experiência de aprendizagem mais interativa e prática (Abutayeh *et al.*, 2022).

Vários estudos investigaram o impacto das tecnologias imersivas nos resultados de aprendizagem em vários ambientes educacionais. Uma revisão sistemática da literatura descobriu que as tecnologias imersivas, incluindo RV e RA, podem melhorar a experiência de aprendizagem e aumentar o envolvimento. Embora o ganho de conhecimento tenha sido igual quando as tecnologias imersivas foram comparadas com as modalidades de aprendizagem tradicionais, a experiência de aprendizagem foi significativamente melhorada com as tecnologias imersivas (Ryan *et al.*, 2022). Isto sugere que as tecnologias imersivas têm o potencial de aumentar a motivação e o envolvimento dos alunos na aprendizagem das ciências naturais.

No contexto brasileiro, há necessidade de mais pesquisas e exploração do uso de tecnologias imersivas no ensino de ciências naturais. A maior parte da investigação existente centra-se nos estudantes e nos seus professores, com estudos limitados centrados nas perspectivas dos gestores e dos decisores políticos (Abutayeh *et al.*, 2022). Além disso, faltam informações sobre o *design* ideal de laboratórios de tecnologia imersiva e o custo por aluno (Marks; Thomas, 2021). Mais pesquisas são necessárias para avaliar a eficácia e o custo-benefício da implementação de tecnologias imersivas no sistema educacional brasileiro.

O uso de tecnologias imersivas na educação tem sido impulsionado pela necessidade de aprimorar a experiência de aprendizagem e melhorar os resultados da aprendizagem. Essas tecnologias proporcionam aos alunos experiências interativas e imersivas que podem envolvê-los de uma forma mais profunda e significativa. A evolução das tecnologias imersivas na educação pode ser observada através de vários aspectos, incluindo avanços de *hardware*, desenvolvimento de *software* e abordagens pedagógicas.

Os avanços no *hardware* desempenharam um papel crucial na evolução das tecnologias imersivas. O desenvolvimento de *headsets* RV e dispositivos RA mais baratos e acessíveis tornou mais fácil para as instituições educacionais adotarem essas tecnologias. A melhoria na resolução da tela, nas capacidades de rastreamento e no conforto dos *headsets* de RV aprimorou a experiência imersiva para os alunos (Boomgaard *et al.*, 2022). Da mesma forma, a

disponibilidade de *smartphones* e *tablets* habilitados para RA tornou-a mais acessível em ambientes educacionais (Shojaei *et al.*, 2021).

O desenvolvimento de *software* também contribuiu para a evolução das tecnologias imersivas na educação. A criação de conteúdo, aplicativos e plataformas educacionais imersivos ampliou as possibilidades de incorporação de tecnologias imersivas ao currículo. Os desenvolvedores de *software* educacional têm se concentrado na criação de experiências interativas e envolventes que se alinham com os objetivos de aprendizagem e abordagens pedagógicas. O desenvolvimento de ferramentas de autoria e plataformas de criação de conteúdo também capacitou os educadores para criarem as suas próprias experiências de aprendizagem imersivas (Boomgaard *et al.*, 2022).

As abordagens pedagógicas evoluíram juntamente com a integração de tecnologias imersivas na educação. Educadores e pesquisadores exploraram diferentes estratégias instrucionais e designs de aprendizagem que aproveitam os recursos exclusivos das tecnologias imersivas. O uso de abordagens de aprendizagem experiencial, aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem baseada em simulação foi aprimorado por meio da natureza imersiva da RV e da RA (Boomgaard *et al.*, 2022). Estas abordagens pedagógicas visam proporcionar aos alunos experiências práticas, promover o envolvimento ativo e fomentar uma compreensão mais profunda do assunto.

A evolução das tecnologias imersivas na educação também foi influenciada pela pesquisa e pelo trabalho acadêmico na área. Os investigadores investigaram a eficácia das tecnologias imersivas em vários domínios educacionais, como no ensino na área da saúde (Boomgaard *et al.*, 2022). Estudos exploraram o impacto das tecnologias imersivas nos resultados de aprendizagem, envolvimento e motivação. As descobertas desses estudos informaram o desenvolvimento e o refinamento de experiências educacionais imersivas.

2.4. Experiência Híbrida

A Experiência Híbrida (EH), no contexto de tecnologias imersivas, refere-se à integração e combinação de diferentes modalidades imersivas, como realidade virtual, realidade aumentada e realidade mista, para criar uma experiência de usuário aprimorada e contínua. Envolve combinar os mundos físico e digital para fornecer aos usuários um ambiente mais imersivo e interativo (Venkatesan *et al.*, 2021). O conceito de EH reconhece que cada modalidade imersiva tem seus pontos fortes e limitações. A RV oferece um ambiente totalmente virtual que pode transportar os usuários para diferentes locais e cenários, proporcionando um

alto nível de imersão. A RA sobrepõe informações digitais ao mundo real, melhorando a percepção e a interação do usuário com seu ambiente. A Realidade Mista (RM) combina elementos de RV e RA, permitindo aos usuários interagirem com objetos virtuais enquanto ainda estão conscientes do mundo real (Venkatesan *et al.*, 2021).

Ao combinar essas modalidades imersivas, a EH visa aproveitar os recursos exclusivos de cada tecnologia para criar uma experiência de usuário mais abrangente e envolvente. Por exemplo, uma EH poderia envolver o uso de RV para transportar os usuários para um ambiente virtual e, em seguida, sobrepôr elementos de RA para fornecer informações adicionais ou elementos interativos dentro desse espaço virtual (Venkatesan *et al.*, 2021). Esta integração permite que os usuários se beneficiem dos pontos fortes da RV e da RA, melhorando a imersão geral e a interatividade da experiência. O conceito de EH tem sido explorado em vários domínios, incluindo aplicações biomédicas, educação e entretenimento. Em aplicações biomédicas, a integração de RV, RA e RM tem sido utilizada para planejamento cirúrgico, treinamento médico e educação de pacientes. Ao combinar estas modalidades imersivas, os profissionais de saúde podem visualizar dados médicos complexos, simular procedimentos cirúrgicos e melhorar a compreensão de conceitos médicos (Venkatesan *et al.*, 2021).

No campo da educação, a EH tem sido utilizada para criar ambientes de aprendizagem interativos e imersivos. Ao combinar RV e RA, os educadores podem proporcionar aos alunos experiências práticas, visualizações de conceitos abstratos e materiais de aprendizagem interativos. Esta integração permite uma experiência de aprendizagem mais envolvente e potencialmente eficaz, promovendo a participação ativa e a retenção de conhecimento (Wainman *et al.*, 2019). Na indústria do entretenimento, a EH tem sido empregada para criar experiências de narrativa imersivas e interativas. Ao combinar RV, RA e RM, os criadores de conteúdo podem fornecer aos usuários uma mistura de elementos virtuais e do mundo real, melhorando a narrativa e o envolvimento. Esta integração permite novas formas de contar histórias e experiências interativas que confundem as fronteiras entre os mundos físico e digital (Venkatesan *et al.*, 2021).

2.5. Aprendizagem Experiencial

No contexto de possibilitar uma aprendizagem autônoma, a Aprendizagem Experiencial (AE), que envolve a aprendizagem por meio de experiências diretas, tem sido um tema de interesse no contexto das tecnologias imersivas na educação. Tecnologias imersivas, como RV

e RA, proporcionam aos alunos experiências interativas e imersivas que podem aprimorar o processo de AE (Kwon, 2018).

O conceito de educação experiencial situada também tem sido explorado no contexto de tecnologias imersivas. A educação experiencial situada refere-se ao uso de ambientes imersivos pedagogicamente estruturados para apoiar a AE. Estes ambientes imersivos proporcionam aos alunos experiências realistas e contextualmente relevantes que melhoram os seus resultados de aprendizagem (Schott; Marshall, 2018).

A tecnologia de RA também tem sido usada para facilitar a AE na educação. A RA permite experiências de aprendizagem imersivas e experienciais sem a necessidade de sair da sala de aula. Trabalhar com RA na sala de aula pode melhorar as habilidades digitais, a motivação e o desempenho acadêmico dos alunos. A natureza imersiva da RA pode ajudar a promover a AE entre os alunos (García *et al.*, 2021). A RV também foi reconhecida como uma ferramenta de AE. A RV oferece aos alunos ambientes totalmente imersivos que podem aprimorar a experiência de aprendizagem. A aprendizagem imersiva e experiencial oferecida pela RV pode melhorar as taxas de retenção dos alunos e proporcionar novas oportunidades de formação. A RV pode imergir os alunos em diversos ambientes e permitir-lhes praticar e visualizar contextos virtuais (Renganayagalu *et al.*, 2021).

A eficácia da RV imersiva no aprimoramento da AE tem sido apoiada por pesquisas. Estudos demonstraram que a RV imersiva pode melhorar o desempenho cognitivo e de aprendizagem, bem como as habilidades psicomotoras na educação em enfermagem (Choi *et al.*, 2021). A maior vivacidade e interatividade das tecnologias de RV permitem que os usuários reconheçam de perto as experiências virtuais como experiências diretas, facilitando a AE (Kwon, 2018). No entanto, existem desafios associados ao uso de tecnologias imersivas para AE. Esses desafios incluem barreiras tecnológicas, como enjoos de simulação e falta de conforto visual (Papanastasiou *et al.*, 2018; Choi *et al.*, 2021). Além disso, o desenvolvimento de conteúdos e abordagens pedagógicas apropriados é crucial para a implementação potencial de tecnologias imersivas na AE (Schott; Marshall, 2018).

2.6. Tecnologias Imersivas na Educação

Tecnologias imersivas, como RV e RA, ganharam atenção significativa no campo da educação. Estas tecnologias proporcionam aos alunos experiências imersivas e interativas que melhoram o seu processo de aprendizagem (Choi *et al.*, 2021). Vários estudos exploraram a eficácia das tecnologias imersivas em vários domínios educacionais. Com a possibilidade de

simular experiências do mundo real e permitir uma maior interação do usuário com o ambiente, essas tecnologias oferecem novas perspectivas de ensino e aprendizagem, tornando o processo educacional mais envolvente e dinâmico.

Segundo Sivanand e Frank (2016), a visualização de informações é um fator crítico para o aprendizado efetivo. As ferramentas de visualização, como as de RV e RA, têm o potencial de melhorar a compreensão de conceitos abstratos e complexos, possibilitando uma maior interação e imersão dos alunos. A RV permite a criação de ambientes simulados que podem ser utilizados para apresentar conceitos em um contexto mais realista e tangível, enquanto a RA permite a sobreposição de informações digitais em objetos reais.

O estudo de Garcia-Bonete *et al.* (2019) destaca a importância da RV na área de biologia estrutural. Segundo os autores, a RV permite que os estudantes visualizem e manipulem modelos tridimensionais de moléculas complexas, facilitando a compreensão da estrutura e função de proteínas e outras macromoléculas. Além disso, a RV também permite que os estudantes realizem experimentos virtuais em laboratórios de química e biologia, reduzindo os riscos e custos associados a experimentos reais.

Martín-Gutiérrez *et al.* (2017) destacam que a RV e RA pode ser usada em diferentes áreas de ensino, desde as ciências naturais até as ciências humanas. Os autores argumentam que a RV e RA oferecem uma experiência imersiva que pode ajudar os estudantes a se envolverem mais profundamente com o conteúdo, aumentando assim o interesse e a motivação. Ademais, a RV e RA podem ser usadas para dar *feedback* instantâneo sobre o desempenho do aluno, permitindo que os professores adaptem seu ensino para atender às necessidades individuais de cada estudante, corroborado pelo estudo de Yang *et al.* (2023).

O estudo de Putra *et al.* (2016) propõe uma combinação de fotogrametria, RA e *headset* de RV para a visualização do patrimônio cultural e histórico. Os autores argumentam que essa tecnologia pode ajudar os estudantes a compreenderem melhor a história e a cultura de uma determinada região, permitindo que eles explorem virtualmente locais que não são acessíveis fisicamente. Isso pode ser particularmente útil para estudantes que não têm a oportunidade de visitar esses locais pessoalmente. Outra aplicação da RV e da RA na educação é na preservação do patrimônio cultural e histórico. O artigo de Putra *et al.* (2016) apresenta um exemplo em que a RA e a fotogrametria foram usadas para criar uma visualização digital interativa de um local histórico, permitindo que os usuários explorem e interajam com a história e a cultura de uma forma mais envolvente.

Andersen *et al.* (2019) estudaram o uso da RV para visualização de dados. Os autores concluíram que a RV pode melhorar a compreensão dos dados, pois permite que o usuário

explore os dados de forma mais interativa e imersiva. Além disso, a RV pode ajudar a destacar padrões e tendências que podem ser difíceis de ver em visualizações 2D. North e North (2019) destacam a importância da RV em ambientes de visualização imersiva dinâmica (DIVA). Esses ambientes permitem que os usuários visualizem e manipulem objetos tridimensionais em tempo real, o que pode ser útil em áreas como arquitetura, engenharia e design. Os autores argumentam que a RV pode ajudar os estudantes a entenderem conceitos abstratos, como a matemática, física, química e biologia, por exemplo, podem se beneficiar do uso dessas tecnologias imersivas.

A RV e a RA permitem que os alunos visualizem e interajam com objetos e conceitos abstratos, tornando a aprendizagem mais interessante e atraente. Da mesma forma, elas oferecem aos professores uma variedade de opções para ensinar, permitindo que eles criem e usem simulações, modelos virtuais e ambientes imersivos para proporcionar experiências educacionais únicas. Um exemplo é o estudo de anatomia, que pode se beneficiar muito do uso da AR. O artigo de Barmaki *et al.* (2019) apresenta um estudo empírico em que os alunos participaram de uma aula de anatomia usando pintura corporal em RA, o que lhes permitiu explorar o corpo humano de uma forma mais interativa e imersiva.

Da mesma forma, a RV pode ser usada para criar ambientes virtuais que ajudam a visualizar conceitos abstratos em disciplinas como matemática e física. O estudo de Andersen *et al.* (2019) apresenta um exemplo em que a RV foi usada para visualizar dados de uma simulação de turbulência, permitindo que os usuários interajam com as informações de uma forma mais intuitiva e imersiva. Ademais, a RV e a RA podem ser usadas para ensinar química, permitindo que os alunos vejam moléculas em três dimensões e manipulem essas estruturas de uma forma mais intuitiva. O estudo de Behmke *et al.* (2018) apresenta um exemplo em que a RA foi usada para transformar representações moleculares bidimensionais em estruturas tridimensionais interativas. Uma aplicação da RV que tem mostrado resultados promissores é na visualização de moléculas complexas em Química. Won *et al.* (2019) demonstraram que o uso da RV melhorou significativamente a capacidade dos alunos de visualizar moléculas em 3D e compreender suas propriedades.

Da mesma forma, a RV tem sido aplicada na área de Engenharia para criar ambientes virtuais para ensino de materiais mecânicos, como descrevem Vergara *et al.* (2016) e Vergara *et al.* (2017). A RA também tem sido utilizada em diversos contextos educacionais. Li *et al.* (2017) destacam seu potencial para análises e simulações em Engenharia. Já Wen e Looi (2019) fazem uma revisão da RA na educação, destacando sua capacidade de permitir a aprendizagem situada, integrando recursos digitais e não digitais. Igualmente, a RA tem sido aplicada em

jogos educacionais, como evidenciado por Videnovik *et al.* (2020), que mostram como jogos de RA podem aumentar a qualidade da experiência de aprendizagem dos alunos.

Além disso, a RA tem sido usada para melhorar o desempenho e a atitude dos alunos em relação à educação científica. Sahin e Yilmaz (2020) realizaram um estudo em que a tecnologia de RA foi aplicada em um ambiente de aprendizagem de ciências em alunos do ensino médio. Os resultados mostraram que o grupo experimental que usou a tecnologia de RA teve um desempenho significativamente melhor do que o grupo de controle, que não usou essa tecnologia.

A RV também tem sido utilizada no ensino de biologia, mais especificamente, na visualização de células, tecidos e órgãos. Zhou *et al.* (2020) relatam em seu estudo que a tecnologia de RV foi usada para criar um ambiente de laboratório virtual que permitiu que os alunos, especialmente, os do ensino fundamental e médio, visualizassem amostras biológicas em um microscópio virtual. Os autores descobriram que a tecnologia de RV ajudou os alunos a entenderem melhor os conceitos biológicos e a melhorar suas habilidades práticas, ao permitir o reconhecimento das estruturas de um microscópio e a compreender as habilidades operacionais necessárias, simulando operações usando um processo interativo.

No campo da educação em anatomia, a tecnologia de RV e RA tem sido utilizada para melhorar a compreensão dos alunos sobre a estrutura e função do corpo humano. Moro *et al.* (2017) relatam em seu estudo que a tecnologia de RV e RA foi usada para ensinar anatomia para estudantes de medicina e outras áreas de saúde. Os autores descobriram que a tecnologia de RV e RA ajudou os alunos a melhorarem sua compreensão da anatomia e a aumentar sua motivação para aprender. Boomgaard *et al.* (2022) mostra que tecnologias imersivas têm sido usadas para redefinir abordagens de aprendizagem combinada. Estas tecnologias, incluindo RV, RA e RM, permitem aos alunos explorarem conceitos teóricos através da exploração prática e interação com representações multimídia. No entanto, há pesquisas limitadas sobre o uso de tecnologias imersivas especificamente para o sistema musculoesquelético.

No campo da educação em enfermagem, descobriu-se que a RV imersiva é capaz na melhoria da aprendizagem, do desempenho cognitivo e psicomotor. Os participantes destes estudos relataram uma preferência pelo uso da RV imersiva na educação, pois permite uma variedade de cenários experienciais. No entanto, também existem barreiras associadas ao uso de RV imersiva, como enjoo de simulação e falta de conforto visual (Papanastasiou *et al.*, 2018).

A tecnologia de RA também tem sido utilizada no ensino de educação ambiental. Huang *et al.* (2016) realizaram um estudo em que a tecnologia de RA foi aplicada em um ambiente de

aprendizagem de educação ambiental para alunos do ensino fundamental. Os autores descobriram que a tecnologia de RA ajudou os alunos a visualizarem e entender melhor os conceitos ambientais e a aumentar sua motivação para aprender. Eles constataram que o ambiente de RA aumenta o interesse, a curiosidade e a motivação dos alunos para aprender sobre os ecossistemas, ao observarem que o ambiente de RA melhora o conhecimento ecológico dos alunos e os torna mais conscientes e responsáveis pela preservação do meio ambiente. Os autores sugerem que a RA pode ser uma ferramenta viável para a educação ambiental.

Todas essas aplicações demonstram como a RV e a RA podem contribuir significativamente para aprimorar o processo educativo. Como destacam Vergara *et al.* (2015) e Yang *et al.* (2023), a utilização dessas tecnologias também tem sido bem recebida pelos alunos, que valorizam a experiência imersiva e interativa proporcionada por essas ferramentas.

A RV e a RA têm ganhado destaque no campo da educação como ferramentas inovadoras e promissoras para aprimorar a aprendizagem e desenvolver habilidades essenciais para o século XXI. De acordo com Papanastasiou *et al.* (2018), essas tecnologias são capazes de estimular o pensamento crítico, ao proporcionarem cenários complexos que exigem análise e tomada de decisões baseadas em evidências; a resolução de problemas, ao oferecerem situações autênticas que requerem a aplicação de conhecimentos para resolver problemas reais; a colaboração, ao facilitarem o trabalho em equipe e a interação social entre os alunos; a comunicação, ao melhoram as competências linguísticas dos alunos, permitindo-lhes expressar suas ideias de forma clara; e a criatividade dos alunos, ao estimularem a imaginação e a inovação dos alunos, dando-lhes oportunidades de criar conteúdos digitais em 3D.

Hamilton *et al.* (2020) destacam que a RV pode ser especialmente útil para simular situações de aprendizagem autênticas e desafiadoras, que seriam impossíveis de serem experimentadas na vida real. Além disso, a RV pode fornecer um ambiente seguro e controlado para o aluno explorar e experimentar sem riscos. Já a RA, como apontado por Garzón *et al.* (2019), pode complementar e enriquecer a experiência de aprendizagem, fornecendo informações adicionais em tempo real e aumentando a interação com o mundo real.

O uso de tecnologias imersivas na educação apresenta desafios. A adoção destas tecnologias ainda se encontra numa fase exploratória, particularmente em determinadas regiões (Asfarian *et al.*, 2022). É necessário o desenvolvimento de uma variedade de cenários e conteúdo para apoiar experiências de aprendizagem imersivas (Choi *et al.*, 2021). Além disso, a integração de tecnologias imersivas requer uma consideração cuidadosa dos princípios do design instrucional e das abordagens pedagógicas (Doumanis *et al.*, 2019).

Jensen e Konradsen (2017) e Radianti *et al.* (2020) apontam que ainda existem desafios a serem superados na utilização dessas tecnologias na educação, como a falta de acessibilidade, os custos elevados e a necessidade de treinamento específico para professores e alunos. Além disso, a RV e a RA podem ser consideradas como tecnologias disruptivas, que podem interferir na interação social e no desenvolvimento de habilidades sociais dos alunos.

O desafio do acesso equitativo à tecnologia, especialmente no contexto da RV e da RA na educação, é uma consideração crucial para garantir que todos os alunos tenham oportunidades iguais para beneficiar de experiências de aprendizagem imersivas. Embora as tecnologias imersivas tenham o potencial de melhorar a educação, é essencial abordar as barreiras e os desafios que podem limitar o acesso equitativo a estas tecnologias.

Um aspecto do acesso equitativo à tecnologia é a disponibilidade e acessibilidade de *hardware* e *software*. *Headsets* de RV, dispositivos de RA e o equipamento de computação necessário podem ser caros, tornando um desafio para as instituições educacionais com recursos limitados fornecer acesso a tecnologias imersivas para todos os alunos (Sümer; Vaněček, 2022). Além disso, a disponibilidade de acesso à *Internet* de alta velocidade e de dispositivos compatíveis pode variar entre diferentes regiões, agravando ainda mais a exclusão digital (Mobo, 2021).

Para promover o acesso equitativo, devem ser feitos esforços para garantir que as tecnologias imersivas sejam econômicas e acessíveis a todos os alunos. Isto pode ser conseguido através de parcerias entre instituições educacionais, fornecedores de tecnologia e iniciativas governamentais que visam fornecer subsídios ou subvenções para a aquisição de equipamentos de tecnologia imersiva (Mobo, 2021). *Softwares* e plataformas de código aberto também podem contribuir para reduzir custos e aumentar a acessibilidade (Allcoat *et al.*, 2021).

Outro aspecto do acesso equitativo é a consideração das diversas necessidades e habilidades dos estudantes. É crucial abordar os requisitos de acessibilidade para alunos com deficiência, para garantir que possam participar plenamente em experiências de aprendizagem imersivas. Isto inclui fornecer opções de métodos de entrada alternativos, descrições de áudio e legendas para alunos com deficiência visual ou auditiva (Allcoat *et al.*, 2021). Projetar experiências imersivas inclusivas que considerem as diversas necessidades dos alunos pode ajudar a promover o acesso equitativo à tecnologia.

Ademais, o acesso equitativo às tecnologias imersivas também deve considerar as necessidades específicas dos grupos marginalizados ou sub-representações. Por exemplo, os adultos mais velhos podem enfrentar desafios no acesso e utilização de tecnologias imersivas devido a fatores como a literacia digital limitada ou limitações físicas (Lee *et al.*, 2019). Devem

ser feitos esforços para desenvolver interfaces amigáveis aos idosos, fornecer formação e apoio, e considerar as necessidades e preferências específicas dos adultos mais velhos na concepção e implementação de experiências de aprendizagem imersivas (Lee *et al.*, 2019).

As barreiras linguísticas também podem afetar o acesso equitativo a tecnologias imersivas na educação. Blyth (2018) discute os desafios das tecnologias imersivas no campo do ensino de línguas estrangeiras. Os alunos de línguas de diversas origens linguísticas podem enfrentar dificuldades no acesso a conteúdo imersivos que estão disponíveis principalmente em determinadas línguas. Devem ser feitos esforços para desenvolver conteúdos e plataformas educacionais imersivas multilíngues para garantir o acesso equitativo para alunos de diferentes origens linguísticas (Blyth, 2018).

Apesar dos desafios, Papanastasiou *et al.* (2018) afirmam que a RV e a RA podem oferecer benefícios significativos para a aprendizagem, especialmente quando integradas ao currículo de forma adequada e planejada. Hamilton *et al.* (2020) ressaltam que é importante realizar mais pesquisas para avaliar o impacto dessas tecnologias na aprendizagem e identificar as melhores práticas para sua utilização na educação.

2.7. Ensino em Ciências no Brasil

A educação científica desempenha um papel crucial no currículo do ensino médio e do ensino fundamental. O objetivo é desenvolver a compreensão dos alunos sobre conceitos, princípios e processos científicos, bem como sua capacidade de pensar criticamente e se envolver na investigação científica. A disciplina de ciências no ensino médio e fundamental proporciona aos alunos uma base em conhecimentos e habilidades científicas que são essenciais para suas futuras atividades acadêmicas e profissionais.

O ensino de ciências no Brasil é um componente essencial do sistema educacional, visando proporcionar aos alunos uma base sólida em conhecimentos e habilidades científicas. O ensino de ciências no Brasil apoia-se nas diretrizes estabelecidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que traçam os objetivos, conteúdos e competências a serem desenvolvidos em cada nível de ensino (Brasil, 1998; MEC, 2018).

No ensino fundamental, o currículo de ciências concentra-se em apresentar aos alunos conceitos e processos científicos básicos. Por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos

principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Os alunos exploram tópicos como matéria e energia, vida e evolução, Terra e universo. A ênfase está no desenvolvimento da curiosidade, das habilidades de observação e da alfabetização científica básica dos alunos. O currículo de ciências do ensino fundamental também visa promover as habilidades de pensamento crítico dos alunos, incentivando-os a fazer perguntas, fazer previsões e tirar conclusões com base em evidências (MEC, 2018).

No ensino médio, o currículo de ciências normalmente cobre uma variedade de disciplinas científicas, incluindo biologia, química, física e ciências da Terra. Os alunos são expostos a conceitos e teorias científicas mais avançadas e participam de experimentos de laboratório e atividades práticas para aprofundar sua compreensão dos princípios científicos. O currículo de ciências do ensino médio também enfatiza a investigação científica, o pensamento crítico e as habilidades de resolução de problemas, à medida que os alunos aprendem a projetar e conduzir experimentos, analisar dados e tirar conclusões baseadas em evidências (MEC, 2018)

O ensino de ciências naturais antes da Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1961 era exclusivo das duas últimas séries do antigo curso ginasial. Após a promulgação desta lei, foi ampliado a obrigatoriedade do ensino da disciplina a todas as séries ginasiais. Somente a partir de 1971, com a homologação da Lei no 5.692, a disciplina de ciências foi imposta nas oito séries do primeiro grau. Nesse período se sobrepunha o ensino tradicional e o saber científico era considerado um conhecimento neutro e inquestionável (Brasil, 1998).

Apesar de já se passar meio século desde que a disciplina de ciências naturais tenha se estendido a todas as séries do ensino fundamental, muitos dos apontamentos abordados nos PCN de 1998 ainda se faz presente em seu ensino nas escolas. Em nossa atualidade, ainda é comum práticas fundamentadas na mera transmissão de informações; onde cabe aos alunos a reprodução desses conhecimentos, a partir de aulas exclusivamente expositivas e conteudista centrada no docente, cujo recursos são limitados ao livro didático e sua transcrição na lousa. Assim como o dispositivo adotado para a avaliação da aprendizagem focaliza-se apenas no exame quantitativo. No entanto, assim como posto nos PCNs, vimos uma renovação do ensino de Ciências Naturais, guiada a partir de propostas que consideravam o avanço do conhecimento científico e as exigências do movimento pedagógico Escola Nova. Sob a perspectiva dessa tendência, a disciplina de Ciências Naturais tem agora por objetivo possibilitar condições para o aluno vivenciar o método científico (Brasil, 1998).

A BNCC estabelece que o letramento científico, também denominada de alfabetização científica, deva ser desenvolvido ao longo do ensino na área de ciências da natureza e que,

segundo a mesma, inclui “[...] a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (MEC, 2018, p. 321). Também é destacado neste documento que o ensino das ciências deva ocorrer na articulação com outros campos de saber e que “[...] precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade de **conhecimentos científicos** produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais **processos, práticas e procedimentos da investigação científica.**” (MEC, 2018, p.321, grifo no original).

Da mesma forma, a BNCC menciona o caráter basilar do estímulo e do apoio aos estudantes no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, assim como o compartilhamento das mesmas. A BNCC afirma que o processo investigativo não se restringe à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório, assim como à realização de tarefas com etapas predefinidas. Ao invés disso, pressupõe o planejamento de situações de aprendizagem originando-se a partir de questões desafiadoras que estimulem a curiosidade científica dos alunos. O desenvolvimento de situações investigativas promove ao discente a definição de problemas; levantamento, análise e representação; comunicação; e intervenção (MEC, 2018, p. 322).

Um indivíduo cientificamente letrado deve possuir o entendimento do que é a ciência e do que não é, de como ocorre a produção do conhecimento por meio da investigação científica, compreender a construção das explicações científicas e o raciocínio científico, bem como a sua contribuição cultural (Scarpa; Campos, 2018).

O ensino de ciências por investigação é tido como uma possível solução para o letramento científico, já que como perspectiva de ensino, tem o potencial de ensinar ciências de maneira construtivista e articular as três dimensões da alfabetização científica (Scarpa; Campos, 2018): aprender ciências, compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; aprender a fazer ciências, compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e, por fim, aprender sobre ciências, entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

O ensino de ciências por investigação é uma abordagem didática que se baliza pelo uso de estratégias didáticas que buscam envolver os discentes ativamente em sua aprendizagem, mediante a apresentação de conteúdos por meio de problemas e questões em que os alunos são convidados a resolvê-las de forma ativa através da coleta, análise e interpretação de dados, sendo a investigação científica a condição para solucionar e leva-los a formulação e comunicação da conclusão dos resultados, assim como a reflexão sobre todo o processo, por meio das suas próprias ações criativas. Essa perspectiva de ensino torna-se mais atraente ao

estudante ao aproximar o conteúdo abordado ao seu universo cognitivo (Scarpa; Campos, 2018; Brito; Fireman, 2018).

Como visto anteriormente, a BNCC indica que o ensino das ciências deva ocorrer na articulação com outros campos de saber, portanto, a interdisciplinaridade é um aspecto fundamental da educação científica, pois envolve a integração de conhecimentos e abordagens de múltiplas disciplinas científicas para abordar problemas e fenômenos científicos complexos. A educação científica interdisciplinar vai além do ensino de disciplinas científicas individuais isoladamente e enfatiza as conexões e interações entre diferentes campos da ciência.

A definição de interdisciplinaridade no contexto da educação científica pode variar, levando a desafios na satisfação e avaliação das expectativas interdisciplinares. Tripp e Shortlidge (2019) discutem as discrepâncias e impulsos concorrentes em torno da definição de interdisciplinaridade. Uma discrepância surge do papel indefinido da interdisciplinaridade em relação aos fundamentos disciplinares. Outra discrepância é a falta de atenção dada às implicações culturais e sociais da interdisciplinaridade até a década de 1960.

Neste contexto, a colaboração é um tema chave na definição de interdisciplinaridade na educação científica. Envolve trabalhar em conjunto através das fronteiras disciplinares para integrar conhecimentos e abordagens de diferentes campos científicos. A colaboração promove a troca de ideias, perspectivas e metodologias, levando a uma compreensão mais abrangente dos fenômenos científicos e ao desenvolvimento de soluções inovadoras para problemas científicos (Tripp; Shortlidge, 2019).

2.8. Desafios do Ensino de Ciências No Brasil

O ensino de ciências no Brasil enfrenta vários desafios impactam a qualidade e a eficácia do ensino de ciências. Estes desafios decorrem de vários fatores, incluindo o sistema educativo, a formação de professores, os recursos e as desigualdades sociais.

Um dos principais desafios é a falta de recursos e infraestruturas em muitas escolas, especialmente nas zonas rurais e de baixos rendimentos. O acesso limitado a equipamentos, materiais e tecnologia de laboratório pode dificultar experiências de aprendizagem práticas e limitar a exposição dos alunos a investigações científicas práticas (Andrade; Massabni, 2011; Barata *et al.*, 2018). O financiamento insuficiente para a educação científica também afeta a disponibilidade de livros didáticos atualizados, materiais didáticos e recursos científicos (Alves, 2018).

Outro desafio é a necessidade de desenvolvimento profissional contínuo para professores de ciências. Muitos professores no Brasil enfrentam oportunidades limitadas de crescimento profissional e podem não ter o treinamento e o apoio necessários para ensinar ciências de maneira eficaz. A falta de programas especializados de formação de professores de ciências e a elevada rotatividade de professores em algumas regiões contribuem ainda mais para este desafio (Alves, 2018). Estão a ser feitos esforços para fornecer programas e recursos de desenvolvimento profissional para melhorar as práticas de ensino das ciências e as abordagens pedagógicas. Ademais, é necessário promover a inclusão e a diversidade no ensino das ciências. É importante garantir que o ensino de ciências no Brasil seja acessível a todos os estudantes, independentemente de sexo, origem socioeconômica ou localização geográfica (Araújo; Pedrosa, 2014)

Além disso, as desigualdades sociais e as disparidades no acesso à educação de qualidade representam desafios significativos para o ensino de ciências no Brasil. A vasta dimensão e a população diversificada do país tornam difícil proporcionar um acesso equitativo à educação científica em todas as regiões (Linhares *et al.*, 2020). As escolas em zonas desfavorecidas muitas vezes carecem das infraestruturas necessárias, de professores qualificados e de recursos para oferecer uma educação científica de qualidade. Isto agrava as desigualdades educativas e prejudica as oportunidades dos estudantes de se envolverem com a ciência (Linhares *et al.*, 2020).

Ademais, o currículo e os sistemas de avaliação no Brasil podem apresentar desafios para o ensino de ciências. O currículo pode estar superlotado, deixando tempo limitado para a exploração aprofundada de conceitos científicos e atividades práticas. A ênfase em testes padronizados pode levar a um foco na memorização mecânica, em vez de promover o pensamento crítico e as competências de investigação científica (Santos *et al.*, 2017).

2.9. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências — ENPEC

O Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) é uma conferência de grande importância no cenário acadêmico brasileiro, sendo um ponto focal para a pesquisa em educação científica e um fórum significativo para a exploração de tecnologias imersivas nessa área. Funciona como uma plataforma de intercâmbio e discussão que reúne pesquisadores, educadores e profissionais interessados no avanço e inovação da educação científica no Brasil.

Nesse evento, aborda-se uma ampla gama de tópicos relacionados à educação científica, contemplando desde metodologias de ensino, desenvolvimento curricular, tecnologia educacional, até abordagens pedagógicas e políticas educacionais. Ele oferece um espaço significativo para a apresentação de pesquisas, discussões em simpósios, workshops e a exposição de estudos e metodologias atualizadas.

Essa iniciativa é fundamental para estimular a produção científica, o aprimoramento profissional e a inovação na educação científica. Além disso, o ENPEC favorece a criação de redes de colaboração e parcerias entre pesquisadores, contribuindo para a formação de profissionais qualificados e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem nessa área.

Vários estudos exploraram vários aspectos da educação científica e da pedagogia através das lentes da ENPEC. Por exemplo, Bozzini *et al.* (2022) realizaram uma pesquisa bibliográfica que examinou as menções e discussões de Paulo Freire e sua obra nos anais do congresso. A pesquisa demonstrou a influência das ideias de Freire no ensino de ciências.

Souza e Souza (2021) analisaram as pesquisas apresentadas no ENPEC para explorar as discussões e tendências relacionadas à leitura e ao ensino de ciências no contexto do sistema de educação básica. Seu estudo se concentrou na relação entre leitura e ensino de ciências.

Teles e Oliveira (2021) investigaram a integração da alfabetização científica e a utilização de textos científicos em atividades educativas relacionadas à saúde no contexto escolar. Suas pesquisas examinaram a presença da alfabetização científica e a utilização de textos de divulgação científica em atividades educativas relacionadas à saúde.

Além disso, Aldahmash *et al.* (2019) examinaram as tendências no desenvolvimento profissional de professores de ciências em serviço na ENPEC. Seu estudo se concentrou em tópicos como conhecimento pedagógico do conteúdo, aprendizagem baseada em investigação e resolução de problemas.

No geral, o ENPEC serve como um fórum importante para investigadores e educadores trocarem ideias, partilharem resultados de investigação e discutirem questões atuais no ensino das ciências. A conferência contribui para o avanço da pesquisa em educação científica e para o desenvolvimento de abordagens inovadoras para o ensino e a aprendizagem na área.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral:

Analisar a transformação da utilização das tecnologias imersivas de realidade virtual e realidade aumentada nos trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), entre o período de 1997 a 2021.

3. 2. Objetivos Específicos:

- I. Identificar os trabalhos apresentados no ENPEC que abordam as tecnologias imersivas de realidade virtual e realidade aumentada.
- II. Categorizar os trabalhos de acordo com os principais temas e abordagens relacionados à utilização de tecnologias imersivas na educação em ciências.
- III. Analisar a distribuição temporal dos trabalhos ao longo das edições do ENPEC.
- IV. Identificar as principais tendências, avanços e lacunas nas pesquisas sobre realidade virtual e realidade aumentada no contexto educacional brasileiro.

METODOLOGIA

4. METODOLOGIA

A revisão da literatura desempenha um papel fundamental em todas as disciplinas de pesquisa e em todos os projetos de pesquisa. Ao ler um artigo, independentemente da disciplina, o autor começa descrevendo pesquisas anteriores para mapear e avaliar a área de pesquisa, motivar o objetivo do estudo e justificar a pergunta de pesquisa e as hipóteses. Isso é conhecido como "revisão de literatura", "quadro teórico" ou "contexto de pesquisa". No entanto, para que uma revisão de literatura se torne uma metodologia de pesquisa adequada, como em qualquer outra pesquisa, é preciso seguir etapas adequadas para garantir que a revisão seja precisa, precisa e confiável (Lima; Miotto, 2007; Snyder, 2019).

Uma revisão de literatura pode ser a melhor ferramenta metodológica para responder a várias questões de pesquisa. Por exemplo, é útil quando se deseja avaliar teorias ou evidências em uma determinada área ou examinar a validade de uma teoria específica. Também é útil quando o objetivo é fornecer uma visão geral de um problema de pesquisa. Além disso, as revisões de literatura são úteis quando o objetivo é desenvolver teorias. Dependendo do objetivo da revisão, os métodos usados podem variar, mas sua importância como base para a pesquisa é inegável. Portanto, a revisão da literatura desempenha um papel essencial na pesquisa, ajudando a avaliar, desenvolver e explorar o conhecimento em uma determinada área (Lima; Miotto, 2007; Snyder, 2019).

Existem várias abordagens para conduzir uma revisão de literatura, que podem ser qualitativas, quantitativas ou mistas, dependendo do objetivo da revisão. As principais incluem a revisão sistemática, a revisão semissistemática, também denominada de revisão narrativa, e a revisão integrativa. Cada uma tem seu valor para responder a perguntas específicas de pesquisa, sendo possível adaptá-las conforme o projeto de pesquisa. É importante destacar que outras formas de revisões de literatura também são amplamente utilizadas, muitas vezes combinando elementos de diferentes abordagens (Snyder, 2019).

A revisão narrativa, é uma abordagem utilizada para temas que foram conceituados de maneiras diversas e estudados por grupos variados de pesquisadores em diferentes disciplinas, tornando inviável uma revisão sistemática completa. Diferentemente da revisão sistemática, que busca revisar cada artigo relevante sobre o tema, a revisão narrativa requer uma estratégia alternativa. Esta abordagem é aplicada em tópicos amplos, buscando entender como a pesquisa dentro de um campo específico tem progredido ao longo do tempo ou como um tema se desenvolveu em diferentes tradições de pesquisa (Wong *et al.*, 2013; Snyder, 2019; Fraga; Bernardes, 2021).

Para realizar uma revisão narrativa, diversas metodologias podem ser empregadas, muitas delas similares a abordagens qualitativas. A análise temática ou de conteúdo é comumente utilizada, consistindo na identificação, análise e relato de padrões temáticos em um texto. Embora essa revisão geralmente envolva uma análise qualitativa, existem exceções, como o uso de uma abordagem estatística de meta-análise combinada com uma coleta semiestruturada de literatura (Wong *et al.*, 2013; Snyder, 2019; Fraga; Bernardes, 2021).

Essa análise pode contribuir significativamente para identificar temas, perspectivas teóricas ou questões comuns em uma disciplina ou metodologia de pesquisa específica, bem como para identificar componentes de um conceito teórico. Seus benefícios incluem a capacidade de mapear um campo de pesquisa, sintetizar o estado atual do conhecimento, estabelecer uma agenda para futuras pesquisas e fornecer uma visão histórica ou uma linha do tempo de um tema particular. Portanto, a revisão narrativa é uma ferramenta valiosa para a compreensão de áreas complexas de estudo, especialmente quando a diversidade e a amplitude dos tópicos tornam inviável uma revisão sistemática completa (Wong *et al.*, 2013; Snyder, 2019; Fraga; Bernardes, 2021).

Dado que a metodologia científica repousa sobre abordagens previamente delineadas por pesquisadores, com o intuito de garantir clareza e compreensão na escrita, a estrutura metodológica deste estudo foi concebida tendo como base as diretrizes apresentadas no trabalho de Snyder (2019). Isto posto, a presente pesquisa é caracterizada como uma revisão narrativa, também denominada de semisistemática, de literatura (Snyder, 2019). Para esta análise, assumimos as proposições teórico-metodológicas de Lima e Miotto (2007) e da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011). Nesta seção, será abordado, sem uma sequência específica, o delineamento da pesquisa a ser conduzida.

O processo de coleta de dados começa estabelecendo parâmetros que definem o escopo do estudo, guiando a escolha do material. Isso exige que tais parâmetros sejam estabelecidos (Lima; Miotto, 2007). Para esta pesquisa, foram levantados e analisados os trabalhos contidos nos anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), disponíveis no banco de dados da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) (fonte principal), na língua que aparecesse (parâmetro linguístico), desde sua primeira edição em 1997 até 2021 (parâmetro cronológico), que contivessem no título, resumo ou como palavras-chave os termos “realidade virtual”, “realidade aumentada”, “tecnologias imersivas”, “simulação”, “imersão” (parâmetro temático) (Lima; Miotto, 2007).

Os anais do ENPEC estão disponibilizados *online* pela própria organização das edições do evento e são facilmente encontradas por qualquer pessoa com acesso à internet. Depois de

selecionados e separados, os trabalhos encontrados foram lidos na íntegra e analisados de forma minuciosa. Em todos os textos, buscamos os descritores com auxílio do comando pesquisar, dado que os textos se encontravam no formato PDF. A análise busca compreender como essas tecnologias têm sido abordadas ao longo dos anos, identificando tendências, lacunas e possíveis mudanças de enfoque.

O processo de condução de uma revisão de literatura envolve diversas etapas que visam a compilação e análise de estudos relevantes na área de estudo. A seguir, descreve-se o fluxo dessas etapas de maneira contínua:

Iniciando com a Fase 1, o planejamento da revisão (Snyder, 2019) ou elaboração do projeto de pesquisa (Lima; Miotto, 2007), são realizadas as seguintes ações. Primeiramente, identifica-se a relevância da revisão para a área de estudo, avaliando seu impacto e contribuição. Define-se o público-alvo da revisão e seu objetivo específico, delineando a quem se destina e o que pretende alcançar. Formula-se a pergunta de pesquisa que norteará a revisão, direcionando a busca por informações pertinentes. Em seguida, estabelece-se a estratégia de busca de artigos, especificando os termos de pesquisa a serem utilizados e as bases de dados que serão exploradas. Por fim, definem-se os critérios de inclusão e exclusão dos artigos, estabelecendo parâmetros claros para a seleção dos estudos a serem analisados (Lima; Miotto, 2007; Snyder, 2019).

Avançando para a Fase 2, a realização da revisão (Snyder, 2019), também denominada de investigação das soluções (Lima; Miotto, 2007), nesta fase as etapas são as seguintes. Executa-se a estratégia de busca em bases de dados relevantes, como a ABRAPEC, buscando artigos que atendam aos critérios estabelecidos. Realiza-se a seleção dos artigos com base nos critérios de inclusão e exclusão, seguindo uma abordagem sistemática e transparente. Posteriormente, realiza-se a leitura e análise aprofundada dos artigos selecionados, identificando informações relevantes e percepções que serão utilizados na análise dos dados. O processo de seleção de artigos é documentado, justificando a razão de inclusão ou exclusão de cada estudo (Lima; Miotto, 2007; Snyder, 2019).

Na Fase 3, dedicada à análise dos dados (Snyder, 2019), chamada de análise explicativa das soluções por Lima e Miotto (2007), ocorrem as seguintes etapas. Os dados relevantes extraídos dos artigos selecionados são organizados de forma a possibilitar uma análise coerente. Identificam-se padrões, tendências e eventuais lacunas na literatura, permitindo uma compreensão mais abrangente do tema. Realiza-se uma análise crítica e interpretação das informações obtidas, avaliando a qualidade dos estudos e sua contribuição para o campo de estudo. Com base nessa análise, são discutidas as principais conclusões e resultados

encontrados, enriquecendo a compreensão do tópico abordado (Lima; Miotto, 2007; Snyder, 2019).

Finalmente, na Fase 4, relacionada à escrita da revisão (Snyder, 2019) ou síntese integradora (Lima; Miotto, 2007) as ações são as seguintes. O texto da revisão é estruturado de acordo com as normas acadêmicas e de formatação exigidas. A introdução apresenta o contexto e a importância do tema, preparando o leitor para a análise a seguir. A metodologia utilizada na revisão é detalhadamente explicada, oferecendo clareza sobre os procedimentos adotados. Na sequência, os resultados da análise são discutidos, enfatizando as tendências identificadas na literatura e apontando quaisquer lacunas observadas. Por fim, a revisão é concluída com uma síntese das principais contribuições obtidas e com a sugestão de possíveis direções futuras para pesquisas subsequentes (Lima; Miotto, 2007; Snyder, 2019).

Essa abordagem contínua e coerente assegura que a revisão semissistemática seja conduzida de maneira rigorosa e transparente, contribuindo para a produção de conhecimento relevante e embasado na área de estudo.

A análise de acordo com a proposta de Análise de Conteúdo de Bardin (2011) segue uma estrutura metodológica organizada em três polos cronológicos: (I) pré-análise, (II) exploração do material e (III) tratamento dos resultados, com inferências e interpretação.

I. Pré-análise:

Na fase de pré-análise, configura-se como a fase organizacional, um momento de intuições iniciais, tendo como propósito torná-las operacionais e sistematizar ideias para um esquema analítico. Ela visa estabelecer um programa, que pode ser flexível, mas precisa, envolvendo três principais missões: a escolha dos documentos para análise, formulação de hipóteses e objetivos, e desenvolvimento de indicadores para fundamentar a interpretação final. Estes fatores se relacionam, embora não necessariamente em uma ordem cronológica fixa: a escolha dos documentos depende dos objetivos, assim como o objetivo é condicionado pela disponibilidade dos documentos (Bardin, 2011).

A leitura inicial, conhecida como “flutuante”, representa o contato com os documentos para identificar hipóteses emergentes. A escolha dos documentos, seja de um universo previamente definido ou de um corpus específico, segue regras de exaustividade, representatividade e homogeneidade. A formulação das hipóteses é a criação de afirmações provisórias a serem testadas, enquanto os objetivos direcionam o propósito geral da análise (Bardin, 2011).

A referência aos índices e a elaboração dos indicadores são estratégias para a seleção de elementos de análise em conformidade com hipóteses ou objetivos, organizados em indicadores precisos. A preparação do material, que precede a análise, inclui a organização e, se necessário, a edição dos documentos, permitindo uma estrutura mais acessível para a análise efetiva. A etapa da pré-análise configura-se como uma organização inicial, composta por atividades “abertas”, em oposição à exploração sistemática dos documentos, tendo como objetivo a sistematização das etapas subsequentes de análise (Bardin, 2011).

II. Exploração do material:

Nesta etapa, a fase de análise, consiste primariamente na aplicação sistemática das decisões previamente estabelecidas. Seja por meio de procedimentos manuais ou por operações executadas por computador. Essa fase, que é extensa e pode tornar-se monótona, basicamente engloba operações de codificação, decomposição ou enumeração, conforme as regras anteriormente estipuladas (Bardin, 2011).

III. Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação:

Na etapa final do processo, os resultados obtidos são processados para tornarem-se expressivos e confiáveis. Operações estatísticas, sejam simples ou mais complexas, são empregadas para criar quadros, diagramas, figuras e modelos, que condensam e destacam as informações extraídas da análise. Esses resultados são submetidos a testes estatísticos e de validação para assegurar sua precisão. Com base em resultados significativos e confiáveis, o analista pode fazer inferências e oferecer interpretações relacionadas aos objetivos delineados ou a descobertas inesperadas. Além disso, os resultados obtidos, a exploração sistemática do material e o tipo de conclusões alcançadas podem servir de base para uma análise adicional que explore novas dimensões teóricas ou seja realizada por meio de técnicas diferentes (Bardin, 2011).

Essa estrutura metodológica proporciona uma análise rigorosa e aprofundada, permitindo uma compreensão mais completa e fundamentada do material analisado, de acordo com a proposta de Bardin (2011). Portanto, a categorização e sua definição foram baseadas nas temáticas centrais abordadas em cada um dos artigos, bem como nos principais pontos discutidos em cada texto seguindo os seguintes passos:

- I. Leitura e compreensão dos artigos: primeiramente, foi realizada uma leitura detalhada de cada um dos artigos para compreender suas temáticas, objetivos, metodologias e principais pontos abordados. Isso ajudou a identificar os tópicos mais relevantes e a

extrair informações significativas de cada texto. A fase inicial de leitura e compreensão dos artigos corresponde à etapa de pré-análise da análise de conteúdo. Nesta fase, familiarizamo-nos com os materiais e começamos a formar uma visão geral do conteúdo.

- II. Identificação de temas centrais: a partir da leitura, foram identificados os temas centrais de cada artigo. Esses temas correspondem às principais áreas de interesse e foco dos estudos, como a utilização de realidade virtual e aumentada no ensino de ciências, a divulgação científica por meio de exposições tecnológicas e a reflexão da prática docente utilizando ambientes de realidade virtual. Nesta fase, identificamos os temas centrais em cada artigo, o que corresponde à fase de exploração do material, onde é identificado as categorias de análise, que são como temas ou padrões emergentes.
- III. Agrupamento e categorização: com os temas centrais identificados, os artigos foram agrupados em categorias que refletissem essas temáticas. Cada categoria representa uma área de interesse mais ampla, que engloba os artigos relacionados. Esta etapa é à fase de codificação, onde os dados são organizados em categorias com base nos temas identificados.
- IV. Definição das categorias: cada categoria foi definida de forma a resumir e representar as temáticas abordadas pelos artigos agrupados nela. As definições das categorias foram redigidas de maneira concisa e descritiva, para transmitir a essência dos temas abordados. Definir e descrever as categorias é uma parte essencial da análise de conteúdo, onde cada categoria é conceituada de forma clara e precisa.
- V. Inclusão de detalhes relevantes: além das definições das categorias, foram incluídos detalhes relevantes dos artigos, como abordagem metodológica, aplicação de tecnologias específicas, implicações para a prática educacional e outros elementos importantes para entender o contexto e as contribuições dos estudos. Incluir detalhes relevantes dos artigos é parte da interpretação dos resultados, uma etapa crucial na análise de conteúdo, onde é dado significado aos dados e relacionado com o contexto mais amplo.

O objetivo ao realizar esse processo foi criar uma estrutura de categorização que permitisse agrupar os artigos de acordo com suas áreas de interesse e enfoque, facilitando a análise e compreensão das temáticas abordadas em cada um deles. Dessa forma, as categorias foram elaboradas com base nas informações extraídas dos próprios textos, buscando representar

de maneira fiel os conteúdos e os objetivos de cada estudo. Assim, definimos duas categorias: **aplicação de realidade virtual e aumentada no ensino e reflexão sobre o uso de realidade virtual.**

Para além das categorizações, também foi destacado a temática, a abordagem metodológica, as diferentes aplicações das tecnologias imersivas, e as implicações para a prática educacional. A temática representa a temática central dos artigos, identificando o foco principal de cada trabalho. Foram usados como critérios de seleção a identificação da temática principal discutida no artigo e a análise da área específica de estudo ou aplicação tecnológica abordada no texto. A abordagem reflete a abordagem metodológica e conceitual adotada pelos autores para investigar ou tratar a temática. Os critérios selecionados foram à avaliação da metodologia empregada pelos autores (e.g., estudo de caso, revisão de literatura, pesquisa experimental) e à identificação da abordagem teórica ou conceitual utilizada para embasar o estudo.

As aplicações indicam as diferentes aplicações ou contextos de uso da tecnologia (RV/RA) abordados nos artigos. Como critérios para a seleção foi utilizado à identificação das diferentes formas e contextos de aplicação da RV e RA mencionadas nos artigos e à avaliação da diversidade de cenários educacionais ou de divulgação científica nos quais a tecnologia é implementada. Implicações para a prática educacional apresenta de forma concisa às consequências ou efeitos que a aplicação das tecnologias discutidas nos artigos pode ter na prática educacional. Foram usados como critérios de escolha à identificação das implicações educacionais diretas ou indiretas discutidas no texto e à avaliação das mudanças esperadas ou sugeridas na prática pedagógica em função da utilização da RV e RA. Por fim, a categoria, propriamente dita, representa a categoria sob a qual cada artigo foi agrupado, refletindo a área mais ampla de interesse compartilhada pelos artigos selecionados. Os critérios de seleção foram à identificação da área de estudo mais abrangente que engloba os temas discutidos em cada artigo e à consideração das relações temáticas e conceituais para agrupar os artigos sob uma categoria coerente. Esses critérios foram aplicados de forma sistemática e baseados na análise minuciosa de cada artigo, permitindo uma categorização clara e coerente que representa as temáticas e abordagens abordadas pelos trabalhos contidos nos anais do ENPEC.

No Quadro 1, é mostrado uma listagem dos números de artigos inicialmente identificados relacionados ao ENPEC.

Quadro 1 — Relação de artigos do ENPEC finais e comparação entre o número total de trabalhos com os trabalhos selecionados.

Ano	Edição do ENPEC	Total de Trabalhos	Total Analisado
1997	I ENPEC	128	0
1999	II ENPEC	163	0
2001	III ENPEC	233	0
2003	IV ENPEC	451	0
2005	V ENPEC	738	1
2007	VI ENPEC	669	2
2009	VII ENPEC	799	0
2011	VIII ENPEC	1235	1
2013	IX ENPEC	1019	2
2015	X ENPEC	1272	0
2017	XI ENPEC	1335	3
2019	XII ENPEC	1254	2
2021	XIII ENPEC	853	0
TOTAL		10149	10

Fonte: ABRAPEC (2023).

Observamos um panorama dos artigos encontrados durante a fase inicial de busca, refletindo o espectro inicial de estudos disponíveis sobre o tema no ENPEC. Notamos também o número dos trabalhos que abordaram o tema de RV e RA em comparação entre o número total de trabalhos do evento.

Por fim, no Quadro 2, é apresentada a relação final dos artigos selecionados para inclusão na revisão narrativa. Esse quadro destaca os estudos que passaram pelo processo de seleção baseado nos critérios de inclusão e exclusão definidos previamente. Podemos verificar a relação de trabalhos detalhados por ano; número da edição do ENPEC; e título (e seus autores).

Quadro 2 — Relação de artigos do ENPEC incluídos. Título dos artigos encontrados, ano de publicação, edição do ENPEC e referente identificação.

Ano	Edição	Título
2005	V ENPEC	Homem e Máquina: Entre o Real e o Virtual Autores: Geraldo Wellington Rocha Fernandes e José André Peres Angotti.
2007	VI ENPEC	Aplicação da Realidade Virtual no Ensino-Aprendizagem de Conceitos de Química Autores: Sergio Luis Silveira Sfalcin e James Rogado.
2007	VI ENPEC	A utilização da realidade aumentada no ensino de conceitos de campo elétrico e magnético Autores: Thiago de Matos Donzelli e Maria Guiomar Carneiro Tomazello.
2011	VIII ENPEC	A Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação Autores: Ana Luiza de Souza Rolim, Rodrigo Lins Rodrigues, Wilton Oliveira e Danilo Soares Farias.
2013	IX ENPEC	A Aprendizagem Significativa da frutificação utilizando como recurso modelos tridimensionais construídos com a tecnologia da Realidade Aumentada Autores: Alline Bettin de Oliveira, Leila Macias e Rita de Cássia Cássio Morem Rodriguez.
2017	XI ENPEC	Realidade Aumentada no Ensino de Ciências: uma revisão de literatura Autores: Marcelo Bernardo de Lima, Larissa Baruque Pereira, Leonardo Alves e Silva, Cristian Gonzalo Merino e Miriam Struchiner.
2017	XI ENPEC	Avaliação do desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física Autores: Ruan Lopes Gonçalves, Luciano Denardin de Oliveira e Marcelo Vettori.
2017	XI ENPEC	A utilização da Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências no Brasil Autores: Carlos Roberto França e Tatiana da Silva
2019	XII ENPEC	Exposição itinerante “Aedes: que mosquito é esse?” enquanto difusora no uso de aparatos tecnológicos Autores: Camylla Abrantes Macedo de Oliveira, Renan Voammaro Felipe de Souza, Waldir da Silva Ribeiro, Luis Carlos Victorino de Oliveira, Fernanda Marcelly de Gondra França, Miguel Ernesto Gabriel Couceiro de Oliveira.
2019	XII ENPEC	<i>Autoanálisis y Análisis cruzado de profesores de ciencias en ejercicio en ambientes de realidad virtual.</i> Autores: Carol Joglar, Sandra Rojas-Rojas e Conxita Márquez Bargalló.

Fonte: Próprio Autor, 2023.

Na seção a seguir, apresentamos os resultados derivados da nossa análise da produção de 24 anos do ENPEC. Esta análise foca especificamente nos trabalhos que exploraram, em algum grau, o uso de tecnologias imersivas, como realidade virtual e realidade aumentada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Apresentação dos dados

Nesta seção apresentaremos o Quadro 3, que apresenta uma visão geral da classificação e categorização dos artigos selecionados do ENPEC, facilitando a compreensão das diferentes temáticas, abordagens, aplicações e implicações da realidade virtual e da realidade aumentada no contexto do ensino, reflexão e divulgação científica. Na seção subsequente, examinaremos de forma mais aprofundada os artigos escolhidos do ENPEC.

5.1.1. Aplicação de realidade virtual e aumentada no ensino

Essa categoria reúne os artigos que apresentam uma aplicação de realidade virtual e aumentada no ensino de ciências. Ela engloba estudos que se concentram no uso da tecnologia educacional para o ensino de disciplinas científicas, como química, física e biologia, ou para sua divulgação. Os artigos nessa categoria visam aprimorar o ensino dessas áreas por meio da integração de recursos tecnológicos, assim como avaliar e discutir a viabilidade de sua aplicação. Esta é a categoria mais prolífica, concentrando a maior parte dos artigos publicados no ENPEC. Encontramos oito artigos: Sfalcin e Rogado (2007), Donzelli e Tomazello (2007), Rolim *et al.* (2011), Oliveira *et al.* (2013), Gonçalves *et al.* (2017), Lima *et al.* (2017), França e Silva (2017) e Oliveira *et al.* (2019).

A pesquisa Sfalcin e Rogado (2007) integra essa categoria por aplicar tecnologias imersivas para melhorar o processo de ensino e aprendizagem, em um contexto específico, ensino em química, como um estudo que demonstra como as tecnologias de RV e RA podem ser integradas ao ensino de disciplinas científicas complexas para aprimorar a compreensão e a interatividade dos estudantes. Da mesma forma, o de Donzelli e Tomazello (2007) aborda o uso de tecnologias educacionais no ensino de física. O artigo aqui discute como a RA é aplicada para facilitar a compreensão de princípios e fenômenos físicos, tornando o ensino mais atrativo e compreensível. A pesquisa é um estudo que buscam desenvolver ferramentas interativas e visualmente enriquecedoras para tornar o aprendizado de conceitos complexos mais acessível e efetivo. Semelhantemente, o trabalho de Rolim *et al.* (2011) se enquadra nesta categoria por examinar a aplicação de uma tecnologia específica, a RA, para aprimorar o processo educativo, na área de ensino de ciências.

Quadro 3 — Quadro resumo com a classificação e categorização dos artigos sobre realidade virtual e aumentada encontrados nos anais do ENPEC desde 1997 a 2021.

(Continua)

Artigo	Temática ¹	Abordagem ²	Aplicações ³	Implicações para a Prática Educacional ⁴	Categorias ⁵
Homem e Máquina: Entre o Real e o Virtual (Fernandes; Angotti, 2005).	Exploração das diferentes concepções do virtual e sua relação com o real, destacando o uso da tecnologia na experiência humana.	Conceitual e reflexiva.	Realidade Virtual.	Uso da tecnologia para promover a aprendizagem imersiva; Integração crítica das novas tecnologias na educação.	Reflexão sobre o uso de Realidade Virtual.
Aplicação da Realidade Virtual no Ensino-Aprendizagem de Conceitos de Química (Sfalcin; Rogado, 2007).	Aplicação da Realidade Virtual e Aumentada no ensino de Química para melhorar a compreensão de conceitos complexos.	Aplicada, baseada em desenvolvimento de simulações, e pedagógica.	Realidade Virtual, Realidade Aumentada.	Facilitação do aprendizado de conceitos complexos; Melhoria da compreensão por meio de visualizações tridimensionais.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
A utilização da realidade aumentada no ensino de conceitos de campo elétrico e magnético (Donzelli; Tomazello, 2007).	Utilização da Realidade Aumentada no ensino de conceitos de campo elétrico e magnético.	Aplicada, desenvolvimento de um dispositivo baseado em Realidade Aumentada, e pedagógica.	Realidade Aumentada.	Melhoria da qualidade do ensino de física no ensino médio; Visualização tridimensional interativa dos conceitos.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
A Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação (Rolim <i>et al.</i> , 2011).	Aplicação da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) no ensino de ciências para melhorar a visualização de informações.	Aplicada e avaliativa.	Realidade Aumentada.	Uso da RA como ferramenta para melhorar a qualidade da educação; Exploração da visualização de informações no ensino de ciências.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
A Aprendizagem Significativa da frutificação utilizando como recurso modelos tridimensionais construídos com a tecnologia da Realidade Aumentada (Oliveira <i>et al.</i> , 2013).	Utilização da Realidade Aumentada para construir modelos tridimensionais de frutificação e promover a aprendizagem significativa em botânica.	Aplicada e pedagógica.	Realidade Aumentada.	Uso da RA para superar dificuldades de visualização em botânica; Promoção da aprendizagem significativa por meio de modelos tridimensionais.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.

(Conclusão)

Artigo	Temática	Abordagem	Aplicações	Implicações para a Prática Educacional	Categorias
Realidade Aumentada no Ensino de Ciências: uma revisão de literatura (Lima <i>et al.</i> , 2017)	Revisão de literatura sobre a aplicação da Realidade Aumentada no ensino de ciências.	Exploratória e analítica.	Realidade Aumentada.	Potencial da RA para transformar o ensino de ciências; Benefícios da RA, como aumento da motivação e desenvolvimento de competências cognitivas e sociais.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
Avaliação do desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física (Gonçalves <i>et al.</i> , 2017).	Avaliação do desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada por alunos do ensino médio em aulas de física.	Aplicada e avaliativa.	Realidade Aumentada.	Potencial da RA para tornar o ensino de física mais envolvente; Uso da RA como estratégia para promover interatividade e imersão.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
A utilização da Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências no Brasil (França; Silva, 2017).	Utilização da Realidade Virtual e Aumentada (RVA) no ensino de ciências no Brasil.	Exploratória e analítica.	Realidade Virtual, Realidade Aumentada.	Potencial disruptivo da RVA na educação; Transformações na educação tradicional com o uso de jogos educativos e ambientes de RV.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
Exposição itinerante “Aedes: que mosquito é esse?” enquanto difusora no uso de aparatos tecnológicos (Oliveira <i>et al.</i> , 2019).	Exposição itinerante sobre arboviroses e a utilização de aparatos tecnológicos na divulgação científica.	Aplicada e pedagógica.	Tecnologia Interativa, Realidade Virtual.	Uso da tecnologia para divulgar ciência, saúde e tecnologia; Importância da adequação dos aparatos tecnológicos à faixa etária dos alunos.	Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino.
<i>Autoanálisis y Análisis cruzado de profesores de ciencias en ejercicio en ambientes de realidad virtual</i> (Joglar <i>et al.</i> , 2019).	Análise da autoanálise e análise cruzada de professores de ciências em ambientes de realidade virtual.	Interpretativa e reflexiva.	Formação Continuada, Reflexão da Prática Docente, Realidade Virtual.	Promoção da reflexão da prática docente; Uso de vídeo gravações para a análise e melhoria da prática pedagógica.	Reflexão sobre o uso de Realidade Virtual.

¹**Temática:** a temática central abordada em cada artigo, representando o foco principal de estudo.

²**Abordagem:** a metodologia e a abordagem conceitual utilizadas pelos autores para investigar ou tratar a temática.

³**Aplicações:** as diferentes aplicações ou contextos de uso da tecnologia de realidade virtual e aumentada discutidos nos artigos.

⁴**Implicações para a prática educacional:** as consequências ou efeitos da aplicação das tecnologias na prática educacional, destacando mudanças esperadas ou sugeridas.

⁵**Categorias:** a categoria mais ampla de interesse que agrupa os artigos de acordo com áreas de estudo relacionadas.

De igual modo, o artigo de Oliveira *et al.* (2013), enfoca a aplicação de tecnologias educacionais imersivas no ensino de biologia. Nele se discute como a RA pode ser utilizada para elucidar conceitos biológicos complexos e facilitar a compreensão dos alunos. O trabalho ainda se concentra em estudos que exploram a aplicação de tecnologias educacionais para promover a aprendizagem significativa. Esse artigo busca identificar como a RA pode influenciar na compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos biológicos pelos alunos. Portanto, se enquadra nesta categoria, uma vez que enfatiza a utilização da tecnologia da RA como recurso inovador para aprimorar o processo educativo no campo da botânica. Essa categorização é relevante, pois destaca a interseção entre avanços tecnológicos e metodologias pedagógicas no contexto da disciplina específica de biologia.

Igualmente, o artigo de Gonçalves *et al.* (2017) se insere nesta categoria, dado que aborda a avaliação do uso da RA no ensino de física, especificamente analisando ambientes de RA criados por alunos do ensino médio. Explorando a definição da RA, os métodos de criação, os benefícios, o *software* Layar e a metodologia de estudo, o trabalho contribui para a compreensão do potencial da RA como ferramenta educacional inovadora para o ensino de física. Essa categorização é relevante, pois ressalta a interseção entre avanços tecnológicos e metodologias pedagógicas.

O artigo de Oliveira *et al.* (2019), alocamos nesta categoria, dado que se refere a uma pesquisa que exploram exposições científicas itinerantes que utilizam aparatos tecnológicos, como RV, para comunicar informações sobre temas científicos. Ele aborda a implementação de uma exposição itinerante que utiliza aparatos tecnológicos para promover a conscientização sobre as arboviroses transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti*. Por meio de uma metodologia de *survey*, os autores exploraram a percepção dos professores sobre a eficácia dessa abordagem. Os resultados fornecem *insights* sobre como a tecnologia pode ser incorporada na educação para promover a conscientização científica de maneira interativa e envolvente.

Essa categoria também reúne os artigos que apresentam um estudo sobre o potencial da RV e RA no ensino de ciências. Os artigos aqui se propõem a revisar, compilar e analisar literatura existente sobre a integração da RV e RA no ensino de ciências. Temos os artigos de Lima *et al.* (2017), que se enquadra nesta categoria por abordar a aplicação da RA no ensino de ciências, utilizando uma abordagem de revisão de literatura para explorar o potencial dessa tecnologia no contexto educacional; e o de França e Silva (2017), que se enquadra por abordar a aplicação da RVA no ensino de ciências no contexto brasileiro. Dessa forma, o artigo em análise oferece uma revisão abrangente sobre a aplicação da RVA no ensino de ciências no Brasil. Ao explorar suas definições, benefícios e histórico de uso no país, bem como fornece

exemplos concretos de projetos, ele contribui para a compreensão do impacto e do potencial dessas tecnologias na educação científica brasileira.

5.1.2. Reflexão sobre o uso de realidade virtual

Esta categoria engloba os estudos que apresentam uma reflexão sobre o uso de realidade virtual no ensino de ciências. Encontramos dois artigos, o de Fernandes e Angotti (2005) e de Joglar *et al.* (2019). O trabalho de Fernandes e Angotti (2005) se enquadra nesta categoria, dado que discute a interação entre o ser humano e as tecnologias, explorando as implicações da RV e tecnologias similares. Além disso, aborda questões educacionais, enfocando como a tecnologia pode ser utilizada no ensino para promover aprendizado mais envolvente e participativo. Da mesma forma, o artigo de Joglar *et al.* (2019) explora a reflexão da prática docente e a utilização da RV como ferramenta para promover essa reflexão entre professores de ciências em exercício. Ele destaca a relevância dessa abordagem para a formação contínua de professores e aprimoramento da qualidade do ensino. Com base em uma metodologia qualitativa, os resultados fornecem *insights* sobre os benefícios da utilização de vídeo gravações e ambientes de RV para promover uma análise crítica da prática docente.

Com base nessa análise, é possível perceber que os trabalhos apresentados no ENPEC abordam diferentes perspectivas e aplicações das tecnologias imersivas na educação em ciências. Essas abordagens incluem o uso da realidade virtual e aumentada para o ensino de conceitos específicos, a promoção da aprendizagem significativa e a visualização da informação, a avaliação do desenvolvimento de ambientes de realidade aumentada e a utilização dessas tecnologias em exposições e atividades de divulgação científica.

Essa diversidade de abordagens demonstra o potencial e a relevância das tecnologias imersivas no contexto educacional, proporcionando experiências mais imersivas e interativas que podem enriquecer o processo de ensino-aprendizagem e despertar o interesse dos alunos pelas ciências. É importante ressaltar que essa análise é baseada nos trabalhos identificados nos anais do ENPEC e não engloba necessariamente todos os estudos e pesquisas realizados sobre o tema, uma vez que pode haver outras publicações e iniciativas que não foram contempladas nessa análise específica. Cipresso *et al.* (2018) constatam que a temática de RVA tinha como os principais meios de publicação congressos quanto a periódicos, mais recentemente, as revistas constituem o principal meio de publicação.

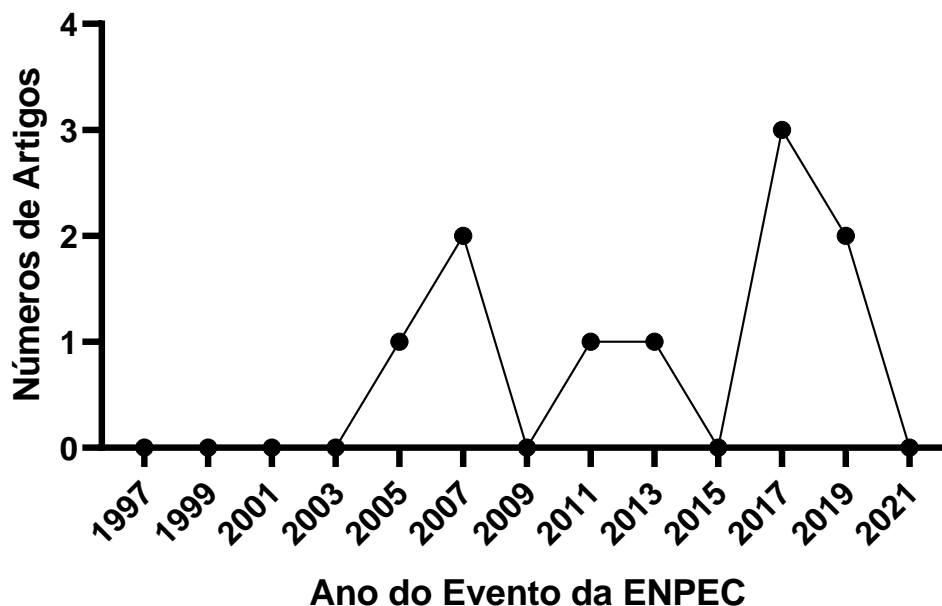
5.2. Distribuição temporal

Ao analisar a distribuição temporal dos trabalhos sobre o uso de tecnologias imersivas, especificamente, realidade virtual e aumentada, na educação em ciências ao longo das edições do ENPEC, é possível observar um aumento gradual do interesse e da produção científica nessa área. No Gráfico 1, observa-se a evolução gradual do número de trabalhos ao longo das edições e identifica-se padrões irregular da presença do tema das tecnologias de RV e RA na ENPEC.

Nota-se uma ausência inicial em seus primeiros anos de existência e um crescimento progressivo da temática no ENPEC. Em suas primeiras edições, que ocorreram no final dos anos 1990 ao início dos anos 2000, há à ausência de trabalhos que abordassem à RV e a RA. Encontram-se poucos trabalhos que abordam especificamente essas tecnologias imersivas a partir de meados dos anos 2000. No entanto, é importante ressaltar que a utilização dessas tecnologias na educação ainda estava em estágios iniciais de desenvolvimento nessa época, o que pode justificar a menor presença de estudos sobre o tema.

Gráfico 1 — Visualização da tendência ao longo do tempo dos trabalhos da ENPEC.

Tendência ao longo do tempo dos trabalhos da ENPEC

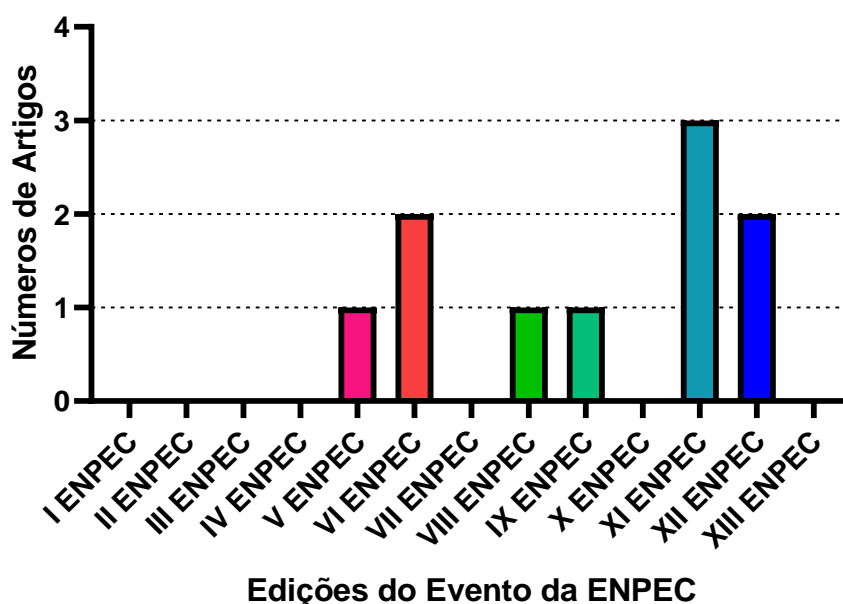


Fonte: Elaboração própria.

Conforme avançamos no tempo, houve uma expansão expressiva nas últimas décadas, é possível observar um aumento significativo do número de trabalhos relacionados ao uso da RV e RA no ensino de ciências. No Gráfico 2, observamos que cada barra no gráfico representa uma edição do ENPEC e a altura da barra indica a quantidade de trabalhos apresentados nessa edição. Neste gráfico identifica-se as edições em que houve um maior número de trabalhos relacionados ao uso de tecnologias RV e RA na educação em ciências.

Gráfico 2 — Comparação dos números de trabalhos entre as diferentes edições.

Número de trabalhos entre as diferentes edições da ENPEC



Fonte: Elaboração própria.

A partir de meados da década de 2010, especialmente na 11ª edição do ENPEC em 2017, há um aumento expressivo na quantidade de trabalhos que exploram diferentes abordagens e aplicações das tecnologias imersivas na educação em ciências. Esse aumento pode ser reflexo do maior desenvolvimento tecnológico nessa área, bem como do crescente interesse dos pesquisadores em explorar as potencialidades das tecnologias imersivas de RV e RA no contexto educacional. Ressalta-se também o menor custo dos equipamentos, conforme sua popularização (Bown *et al.*, 2017; Slater, 2018). Além disso, é possível que as próprias discussões e avanços em torno da integração das tecnologias na educação em geral tenham contribuído para o surgimento de mais estudos sobre o tema.

Vale ressaltar a ausência do tema na edição XII da ENPEC após uma tendência de subida. Conjecturamos que isso se deva principalmente pelas dificuldades impostas pela pandemia de SARS-CoV-2, com todas as consequências geradas, como o afastamento social no Brasil, que poderia ter implicado em dificuldades metodológicas e logísticas para a aplicação de trabalhos empíricos, uma vez que houve o fechamento das escolas (Aquino *et al.*, 2020; Roberts *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2021), assim como, poderia ter ocorrido uma mudança de foco dos trabalhos teóricos para o assunto em emergência à época, o Covid-19 (Nemer *et al.*, 2022).

No entanto, é importante ressaltar que, mesmo com esse aumento na produção científica, ainda há uma necessidade de mais pesquisas e estudos que investiguem de forma mais aprofundada os impactos dessas tecnologias imersivas no ensino das ciências. Ainda existem lacunas a serem preenchidas, especialmente no que diz respeito aos resultados de aprendizagem alcançados com o uso dessas tecnologias, as estratégias de ensino mais eficazes e a forma como essas tecnologias podem ser integradas de forma significativa nos currículos escolares. Portanto, embora haja um crescimento no número de trabalhos apresentados sobre o uso de tecnologias de RV e RA no ENPEC ao longo dos anos, ainda há espaço para o desenvolvimento de mais pesquisas nessa área, a fim de aprimorar a compreensão de como essas tecnologias podem contribuir para o ensino de ciências e para a formação dos estudantes.

5.3. Tendência, temática e aplicação mais abordadas

A análise dos artigos selecionados do ENPEC revela uma tendência crescente no uso de tecnologias de RV e RA como recursos educacionais, especialmente no ensino de ciências (Zhang; Wang, 2021). Os temas mais abordados nesses trabalhos são a relação entre o real e o virtual, a aplicação da RV/RA no ensino de conceitos abstratos e complexos, a visualização de informações científicas, e a reflexão crítica sobre a prática docente (Quadro 3).

No texto de Fernandes e Angotti (2005), destaca-se a discussão sobre a compreensão do conceito de virtualidade e o uso da RV/RA em diversos contextos, desde universos virtuais até empresas. Já no artigo de Sfalcin e Rogado (2007), é explorado o potencial da RV/RA para melhorar a compreensão de conceitos químicos abstratos, utilizando simulações virtuais tridimensionais.

O trabalho de Donzelli e Tomazello (2007) propõe o desenvolvimento de um dispositivo baseado em RA para simular conceitos de campo elétrico e magnético em ambientes tridimensionais. Já o trabalho de Rolim *et al.* (2011), destaca a aplicação da RA na educação

como uma ferramenta para melhorar a compreensão dos alunos por meio de recursos visuais interativos.

No artigo de Oliveira *et al.* (2013), a ênfase está na utilização da RA como recurso educacional para promover a aprendizagem significativa dos processos de frutificação das angiospermas. Enquanto, a pesquisa de Lima *et al.* (2017), aborda a utilização da RA no ensino de Ciências no Ensino Fundamental, com ênfase em temas como Ecologia, Astronomia, Fisiologia, entre outros.

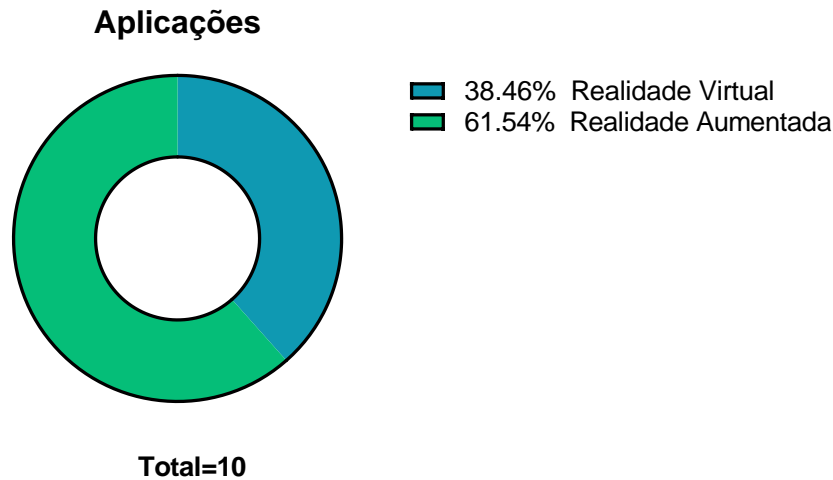
O artigo de Gonçalves *et al.* (2017) explora o potencial da RA como recurso educacional na disciplina de Física para alunos do ensino médio. Já França e Silva (2017), destaca as vantagens e aplicações práticas da RVA no ensino de Ciências, incluindo a criação de ambientes virtuais e animações 3D para melhorar a compreensão dos conceitos científicos.

O texto de Oliveira *et al.* (2019) explora o uso de aparatos tecnológicos para promover a interação e o engajamento dos visitantes em discussões sobre o mosquito *Aedes aegypti* e doenças relacionadas. Por fim, o trabalho de Joglar *et al.* (2019), busca promover a reflexão crítica dos professores de ciências por meio da autoanálise e análise cruzada das práticas docentes em ambientes de realidade virtual, utilizando vídeo gravações em 360°.

A análise dos trabalhos apresentados revela uma tendência crescente no uso de RV e RA como recursos educacionais, principalmente no contexto do ensino de ciências (Zhang; Wang, 2021). Essa ascensão evidencia o reconhecimento da potencialidade dessas tecnologias em aprimorar o processo de aprendizagem e engajar os estudantes, como também uma maior acessibilidade aos equipamentos atualmente (Mora *et al.*, 2017).

Quanto às aplicações tecnológicas, observa-se uma preferência pela RA em relação à RV, podemos observar no Gráfico 3, em que se identifica uma adesão maior da RA em relação à RV nestes estudos. Essa maior inclinação para o RA muito é devido à acessibilidade e à disponibilidade de equipamentos para seu uso, assim como à facilidade do seu manuseio, sem requerer uma preparação mais complexa. Isso pode ser atribuído à sua maior praticidade em termos de custo e disponibilidade de equipamentos (Elmqaddem *et al.*, 2019).

Gráfico 3 — Comparação dos números de trabalhos entre as diferentes aplicações tecnológicas imersivas.



Fonte: Elaboração própria.

Uma das características mais considerável da tecnologia de RA é que o custo associado ao seu desenvolvimento e implantação nos ambientes de aprendizagem é inesperadamente baixo. Essa tecnologia é relativamente barata, pois não requer muita infraestrutura tecnológica e recursos dispendiosos para realizar suas tarefas (Faqih *et al.*, 2021). À RV demanda mais tempo de treinamento e aquisição de instruções, como também possui um maior investimento monetário em seus equipamentos.

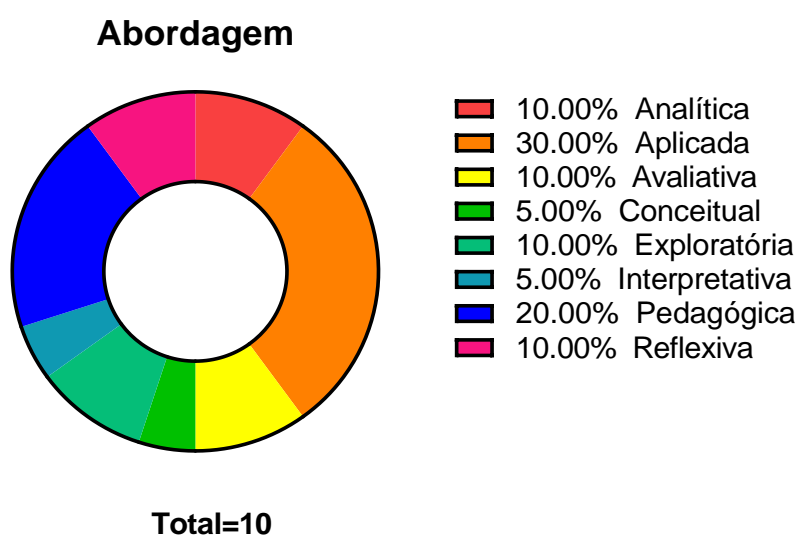
Em relação às disciplinas, à RV e a RA demonstram viabilidade no ensino de física, química e biologia, com uma concentração maior nas ciências físicas. Esse alcance multidisciplinar sublinha a versatilidade dessas tecnologias e sua capacidade de serem adaptadas para diversos contextos científicos, enriquecendo o aprendizado em diferentes áreas do conhecimento.

Em suma, a crescente adoção da RV e da RA na educação em ciências reflete a busca contínua por estratégias pedagógicas inovadoras e eficazes. Os temas frequentemente abordados e as preferências por certas aplicações tecnológicas indicam direções promissoras para o uso dessas tecnologias, mas também ressaltam a necessidade de uma reflexão crítica e contínua sobre sua implementação, visando um ensino mais engajador e eficaz. Esses estudos destacam as vantagens e possibilidades dessas tecnologias para melhorar a compreensão dos alunos e promover uma aprendizagem mais significativa.

5.4. Abordagem metodológica

A abordagem metodológica dos trabalhos selecionados sobre as aplicações de RV e RA no ensino de ciências variou entre os estudos, que pode ser visto no Gráfico 4, onde também se observa uma tendência dos estudos à aplicação das tecnologias imersivas e no contexto do ensino prático para obtenção de seus dados.

Gráfico 4 — As diversas abordagens presentes nos trabalhos sobre o uso de tecnologias imersivas apresentados no ENPEC.



Fonte: Elaboração própria.

O texto de Fernandes e Angotti (2005) adotou uma abordagem teórica e conceitual, explorando diferentes definições e perspectivas sobre o virtual, citando contribuições de estudiosos contemporâneos. No artigo de Sfalcin e Rogado (2007), foi utilizada uma abordagem que se baseou em fundamentação teórica da Educação Química e Informática Educacional, com o uso de *softwares* específicos, como um *Browser VRML* e o *ARToolKit*, para desenvolver simulações. Já o trabalho de Donzelli e Tomazello (2007) empregou uma abordagem que envolveu a parceria entre professores de ciências e profissionais da área de informática, com o desenvolvimento de dispositivos e *softwares* de realidade aumentada para permitir a visualização e interação dos alunos com os conceitos.

O artigo de Rolim *et al.* (2011) utilizou uma abordagem que envolveu o desenvolvimento de um protótipo de aplicação de RA e sua avaliação em um cenário com alunos, por meio de questionários e entrevistas para coletar dados sobre experiências prévias,

usabilidade e satisfação com a ferramenta. Já o trabalho de Oliveira *et al.* (2013) adotou uma abordagem que consistiu na organização de uma Unidade Didática, utilizando modelos de realidade aumentada específicos para o trabalho e atividades que envolveram investigação dos conhecimentos prévios dos alunos, trabalho com organizadores prévios, construção de mapas conceituais e avaliação final. O texto de Lima *et al.* (2017) utilizou uma metodologia de pesquisa no Portal de Periódicos CAPES e análise de artigos, selecionando estudos empíricos sobre o uso da RA no Ensino Fundamental.

Gonçalves *et al.* (2017) adotou uma abordagem qualitativa e conduziu um estudo de caso, utilizando questionários para avaliar a vivência e aspectos gerais da aplicação da RA em sala de aula. França e Silva (2017) apresentou uma abordagem predominantemente descritiva, fornecendo informações sobre pesquisas e aplicações da RVA no ensino de ciências, com referências a estudos relevantes. O texto de Oliveira *et al.* (2019) destacou a utilização de realidade virtual e módulos interativos como uma aplicação para promover a interação dos visitantes em discussões sobre o mosquito *Aedes aegypti* e doenças relacionadas. Por fim, Joglar *et al.* (2019) utilizou uma abordagem qualitativa, com a realização de um *Taller de Reflexión Docente* (TRD) e análise de vídeo gravações em 360° para permitir aos professores uma visão ampliada de suas práticas e interações em sala de aula.

A utilização da RV e da RA no ensino de ciências tem levado a uma ampla gama de abordagens que têm contribuído para o avanço do conhecimento nesta área. Essas abordagens incluem análises teóricas, desenvolvimento de recursos tecnológicos e avaliação de experiências educacionais. Ao empregar estas abordagens, os investigadores conseguiram obter uma compreensão mais profunda de como a RV e a RA podem ser potencialmente integradas no ensino de ciências.

Uma abordagem que tem sido utilizada é o desenvolvimento de simulações. As simulações permitem que os alunos participem de experimentos virtuais e explorem conceitos científicos em um ambiente seguro e controlado. Por exemplo, um estudo de Markowitz *et al.* (2018) investigaram o uso de RV imersiva para ensinar sobre as mudanças climáticas e seus efeitos na acidificação dos oceanos. O estudo descobriu que experiências imersivas de RV levaram a melhores resultados de aprendizagem e melhor compreensão de conceitos científicos complexos.

As colaborações interdisciplinares entre professores de ciências e profissionais de TI também desempenharam um papel crucial no avanço do uso de RV e RA no ensino de ciências. Estas colaborações permitiram o desenvolvimento de recursos tecnológicos inovadores e a integração desses recursos no currículo. Por exemplo, um estudo de Putra *et al.* (2016),

propuseram uma combinação de fotogrametria, RA e *headset* RV para visualização do patrimônio cultural. Esta abordagem interdisciplinar tem o potencial de melhorar as experiências de aprendizagem dos alunos e proporcionar-lhes uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos.

Revisões de literatura e estudos de caso também contribuíram para o avanço do conhecimento nesta área. Estes estudos fornecem informações valiosas sobre a capacidade da RV e da RA no ensino de ciências e destacam os benefícios potenciais da utilização destas tecnologias. Por exemplo, uma revisão sistemática realizada por Sirakaya e Sirakaya (2020) examinou o uso da RA na educação STEM e descobriu que a RA pode melhorar os resultados de aprendizagem e o envolvimento dos alunos em disciplinas científicas.

Avaliações práticas em sala de aula também foram realizadas para avaliar a eficácia da RV e da RA no ensino de ciências. Estas avaliações fornecem *feedback* valioso sobre a implementação destas tecnologias e ajudam a identificar áreas de melhoria. Por exemplo, um estudo realizado por Ebadijalal e Yousofi (2022) investigou o impacto do *Google Expeditions*, uma plataforma de RV, na motivação e no desempenho da escrita de alunos de Inglês como Língua Estrangeira (EFL). O estudo descobriu que a RV pode aumentar a motivação dos alunos e melhorar suas habilidades de escrita.

Além dessas abordagens, a análise de gravações de vídeo em 360° também tem sido utilizada para aprimorar o ensino de ciências. Estas gravações proporcionam aos alunos experiências imersivas e permitem-lhes explorar fenômenos científicos a partir de diferentes perspectivas (Harrington *et al.*, 2018). Por exemplo, um estudo de Deursen *et al.* (2021), usaram RV e dados radiológicos anotados para ajudar estudantes de ciências sociais a aprender neuroanatomia. O estudo descobriu que a RV pode melhorar o conhecimento e a motivação dos alunos na aprendizagem da neuroanatomia.

A diversidade nas abordagens metodológicas é um aspecto fundamental do trabalho sobre RV e RA no ensino de ciências. Os pesquisadores têm adotado diversas abordagens metodológicas, incluindo abordagens teóricas e conceituais, bem como estudos empíricos envolvendo o uso prático dessas tecnologias (Johnson-Glenberg, 2018; Deursen *et al.*, 2021; Pan *et al.*, 2006; Sirakaya; Sirakaya, 2020; Papanastasiou *et al.*, 2018; Garzón; Acevedo, 2019; North; North, 2019; Queiroz *et al.*, 2018; Behmke *et al.*, 2018; Garzón *et al.*, 2019; Perry *et al.*, 2015; Rauschnabel *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2022; Radianti *et al.*, 2020; Strzys *et al.*, 2018; Detroz *et al.*, 2014; Ebadijalal; Yousofi, 2022; Cooke *et al.*, 2020; Hamilton *et al.*, 2020; Thees *et al.*, 2020; Suh; Prophet, 2018; Iwanaga *et al.*, 2020; Ebadi; Ebadijalal, 2020; Bown *et al.*, 2017; França; Silva, 2019; Kaufmann; Schmalstieg, 2003; Andersen *et al.*, 2019;

Videnovik *et al.*, 2020; Putra *et al.*, 2016; Mena *et al.*, 2023; Guo *et al.*, 2021; Küçük *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2013; Harrington *et al.*, 2018; Dietrich *et al.*, 2020; Park; Kim, 2022; Ibáñez *et al.*, 2014; Coelho Neto *et al.*, 2019; Zitzmann *et al.*, 2020; Stepan *et al.*, 2017; Brown; Green, 2016; Carmigniani *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2020; Ekstrand *et al.*, 2018; Jensen; Konradsen, 2017; Potkonjak *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2016; Dunleavy *et al.*, 2008; Keller, 1987; Silva *et al.*, 2021; Merchant *et al.*, 2014; Moro *et al.*, 2017; Martín-Gutiérrez *et al.*, 2017; Maas; Hughes, 2020; Alfadil, 2020; Wei *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2017; Garcia-Bonete *et al.*, 2018; Vergara *et al.*, 2017; Parmaxi *et al.*, 2021; Nair *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2023; Barteit *et al.*, 2021; Wojciechowski; Cellary, 2013; Diamond; Evans, 1973; Markowitz *et al.*, 2018; Sahin; Yilmaz, 2020; Kardong-Edgren *et al.*, 2019; Vergara *et al.*, 2015; Barsom *et al.*, 2016; Kang *et al.*, 2008; Liao, 2016; Bernardo, 2017; Heradio *et al.*, 2016; Won *et al.*, 2019; Moro *et al.*, 2019; Barmaki *et al.*, 2019; Wen; Looi, 2019; Bujak *et al.*, 2013; Rodríguez, 2022; Lindgren; Johnson-Glenberg, 2013).

Essas abordagens metodológicas abrangem uma ampla gama de projetos e metodologias de pesquisa. As abordagens teóricas e conceituais envolvem a exploração e o desenvolvimento de quadros teóricos e modelos conceituais que sustentam o uso de RV e RA no ensino de ciências. Estas abordagens visam fornecer uma base teórica para a compreensão dos potenciais benefícios e desafios da utilização destas tecnologias em ambientes educativos (Pan *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2013; Martín-Gutiérrez *et al.*, 2017; Johnson-Glenberg, 2018; Wen; Looi, 2019; Rauschnabel *et al.*, 2022).

Os estudos empíricos, por outro lado, envolvem a implementação prática e avaliação de RV e RA no ensino de ciências. Esses estudos geralmente empregam projetos experimentais ou quase experimentais para avaliar o impacto dessas tecnologias nos resultados de aprendizagem dos alunos, no envolvimento, na motivação e em outros fatores relevantes. Podem também envolver o desenvolvimento e validação de ferramentas e instrumentos de avaliação para medir a eficácia da RV e da RA no ensino de ciências (Deursen *et al.*, 2021; Sirakaya; Sirakaya, 2020; Papanastasiou *et al.*, 2018; Garzón; Acevedo, 2019; Behmke *et al.*, 2018; Garzón *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2022; Radianti *et al.*, 2020; Strzys *et al.*, 2018; Cooke *et al.*, 2020; Thees *et al.*, 2020; Iwanaga *et al.*, 2020; França; Silva, 2019; Videnovik *et al.*, 2020; Mena *et al.*, 2023; Küçük *et al.*, 2016; Harrington *et al.*, 2018; Ibáñez *et al.*, 2014; Coelho Neto *et al.*, 2019; Ekstrand *et al.*, 2018; Dunleavy *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2021; Alfadil, 2020; Garcia-Bonete *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2023; Barteit *et al.*, 2021; Markowitz *et al.*, 2018; Sahin; Yilmaz, 2020; Kang *et al.*, 2008; Bernardo, 2017; Moro *et al.*, 2019).

A diversidade nas abordagens metodológicas reflete a natureza multidisciplinar da investigação em RV e RA no ensino de ciências. Acadêmicos de diversas áreas, incluindo educação, psicologia, ciência da computação e engenharia, contribuem para este corpo de trabalho, trazendo seus conhecimentos e perspectivas para o estudo dessas tecnologias em ambientes educacionais. Esta abordagem interdisciplinar permite uma compreensão abrangente dos potenciais benefícios e desafios da utilização da RV e da RA no ensino de ciências e fornece informações valiosas para a concepção e implementação de práticas educativas potencialmente eficazes (Johnson-Glenberg, 2018; Deursen *et al.*, 2021; Pan *et al.*, 2006; Sirakaya, Sirakaya, 2020; Papanastasiou *et al.*, 2018; Garzón; Acevedo, 2019; North; North, 2019; Queiroz *et al.*, 2018; Behmke *et al.*, 2018; Garzón *et al.*, 2019; Perry *et al.*, 2015; Rauschnabel *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2022; Radianti *et al.*, 2020; Strzys *et al.*, 2018; Detroz *et al.*, 2014; Ebadijalal; Yousofi, 2022; Cooke *et al.*, 2020; Hamilton *et al.*, 2020; Thees *et al.*, 2020; Suh; Prophet, 2018; Iwanaga *et al.*, 2020; Ebadi; Ebadijalal, 2020; Bown *et al.*, 2017; França; Silva, 2019; Kaufmann; Schmalstieg, 2003; Andersen *et al.*, 2019; Videnovik *et al.*, 2020; Putra *et al.*, 2016; Mena *et al.*, 2023; Guo *et al.*, 2021; Küçük *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2013; Harrington *et al.*, 2018; Dietrich *et al.*, 2020; Park; Kim, 2022; Ibáñez *et al.*, 2014; Coelho Neto *et al.*, 2019; Zitzmann *et al.*, 2020; Stepan *et al.*, 2017; Brown; Green, 2016; Carmigniani *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2020; Ekstrand *et al.*, 2018; Jensen; Konradsen, 2017; Potkonjak *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2016; Dunleavy *et al.*, 2008; Keller, 1987; Silva *et al.*, 2021; Merchant *et al.*, 2014; Moro *et al.*, 2017; Martín-Gutiérrez *et al.*, 2017; Maas; Hughes, 2020; Alfadil, 2020; Wei *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2017; Garcia-Bonete *et al.*, 2018; Vergara *et al.*, 2017; Parmaxi *et al.*, 2021; Nair *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2023; Barteit *et al.*, 2021; Wojciechowski; Cellary, 2013; Diamond; Evans, 1973; Markowitz *et al.*, 2018; Sahin; Yilmaz, 2020; Kardong-Edgren *et al.*, 2019; Vergara *et al.*, 2015; Barsom *et al.*, 2016; Kang *et al.*, 2008; Liao, 2016; Bernardo, 2017; Heradio *et al.*, 2016; Won *et al.*, 2019; Moro *et al.*, 2019; Barmaki *et al.*, 2019; Wen; Looi, 2019; Bujak *et al.*, 2013; Rodríguez, 2022; Lindgren; Johnson-Glenberg, 2013).

Vários artigos de pesquisa exploraram as aplicações de RV e RA na educação científica. Por exemplo, Deursen *et al.* (2021) discutem os princípios de design de RV imersiva que incluem gestos e controles manuais, que podem afetar positivamente a educação. Pan *et al.* (2006) discutem o uso de RV e RM para ambientes virtuais de aprendizagem. Sirakaya e Sirakaya, (2020) fornecem uma revisão sistemática da realidade aumentada na educação STEM. Papanastasiou *et al.*, (2018) examinam os efeitos da RVA nas competências dos alunos do século XXI. Estes artigos fornecem informações valiosas sobre os benefícios potenciais do uso da RV e da RA no ensino de ciências.

Outros estudos enfocam temas específicos do ensino de ciências. Por exemplo, Behmke *et al.* (2018) discutem o uso de realidade aumentada no ensino de química, especificamente transformando representações moleculares 2D em estruturas 3D interativas. Zhao *et al.*, (2020) conduzem uma meta-análise de dados controlados randomizados estudos para examinar a eficácia da RV no ensino de anatomia médica. Rauschnabel *et al.*, (2022) fornecem um *framework* para a compreensão da RVA. Estes estudos destacam o potencial da RV e da RA na melhoria do ensino e da aprendizagem de conceitos científicos específicos.

Além disso, a notamos na literatura a exploração do impacto da RV e da RA nos resultados de aprendizagem e na motivação dos alunos. Ebadijalal e Yousofi (2022) investigam o impacto do *Google Expeditions*, uma plataforma de RV, na motivação e no desempenho de escrita dos alunos de EFL. Ebadi e Ebadijalal, (2020) examinam o efeito do *Google Expeditions* sobre a disposição dos alunos de EFL para se comunicar e a proficiência oral. Estes estudos demonstram o potencial da RV para melhorar a motivação e o desempenho dos alunos na aprendizagem de línguas.

Dessa forma, em concordância com outros trabalhos vistos na literatura, os estudos presentes no ENPEC adotaram diferentes abordagens metodológicas, como teórica e conceitual, desenvolvimento de simulações, parcerias interdisciplinares, desenvolvimento de protótipos, organização de unidades didáticas, revisão de literatura, estudo de caso, análise de artigos e avaliação de vivência em sala de aula. Essas abordagens contribuíram para o avanço do conhecimento sobre a utilização da RV e RA no ensino de Ciências, fornecendo embasamento teórico, desenvolvimento de recursos tecnológicos e avaliação das experiências educacionais.

5.5. Resultados e impactos

Os estudos analisados apresentaram resultados e impactos significativos no uso da RV e RA no ensino de ciências. A análise desses resultados contribui para entender o potencial dessas tecnologias na educação e os benefícios que elas podem proporcionar aos alunos.

O primeiro texto, de Fernandes e Angotti (2005), não apresenta resultados empíricos específicos, mas discute as diferentes concepções do virtual e sua influência na experiência humana. Destaca-se a importância da virtualidade como uma dimensão da realidade e a transformação trazida pela tecnologia, como a possibilidade de interação em espaços cibernéticos. No estudo de Sfalcin e Rogado (2007), os resultados mostraram que as simulações em RV e RA facilitaram o aprendizado de conceitos químicos complexos. A visualização do

equilíbrio químico em nível microscópico e a interação dos alunos com as simulações proporcionaram uma compreensão mais clara e uma maior interação com o objeto de estudo. Já o trabalho de Donzelli e Tomazello (2007), não detalha seus resultados específicos, mas sugere que a utilização da RA proporciona uma experiência mais imersiva e interativa para os alunos, permitindo uma melhor compreensão desses conceitos abstratos.

O estudo de Rolim *et al.* (2011) mostrou que os alunos apresentaram maior facilidade e satisfação ao utilizar o protótipo de RA em comparação com ferramentas virtuais anteriores. Isso sugere um impacto positivo no interesse e motivação dos alunos em relação ao assunto estudado, além de evidenciar a importância da utilização da RA no ensino de ciências. No texto de Oliveira *et al.* (2013), a utilização dos modelos de RA contribuiu para a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa dos conceitos relacionados à frutificação das angiospermas. Os estudantes puderam visualizar as estruturas biológicas em três dimensões e compreender melhor os processos envolvidos na reprodução das plantas, evidenciando a contribuição da RA para a aprendizagem significativa. A revisão de literatura de Lima *et al.* (2017), mostrou que a RA no ensino de ciências pode potencializar a imersão dos alunos na construção do conhecimento, promovendo práticas ativas e colaborativas, desenvolvimento de modelos e envolvimento em simulações realistas. A utilização da RA também pode aumentar a motivação, satisfação e engajamento dos alunos, além de facilitar a visualização e compreensão de conceitos complexos.

No estudo de Gonçalves *et al.* (2017), os resultados indicaram que os alunos gostaram da atividade com a RA e destacaram a experiência como interessante e diferente. A RA proporcionou um ambiente mais dinâmico e prazeroso para o ensino de física. O trabalho de França e Silva (2017) menciona diversos resultados e impactos positivos, como a melhoria na motivação dos estudantes, a melhor compreensão dos conceitos científicos e a possibilidade de realizar experimentos virtuais. Destacam-se também a criação de objetos de visualização digitais e laboratórios virtuais como recursos que permitem maior interatividade e acesso ao conhecimento científico. Na exposição “Aedes: que mosquito é esse?” do trabalho de Oliveira *et al.* (2019), a tecnologia contribuiu positivamente para a discussão dos temas propostos, porém, foram identificados desafios relacionados ao manuseio dos equipamentos e ao tempo de espera. Isso ressalta a importância de abordagens adequadas para diferentes faixas etárias e uma gestão eficiente do fluxo de visitantes. Finalmente, no estudo de Joglar *et al.* (2019), os professores participantes identificaram aspectos não percebidos anteriormente em suas aulas e relataram dificuldades e obstáculos durante o processo de reflexão. Essa conscientização das dificuldades pode ser um primeiro passo para buscar soluções e melhorias na prática docente.

A análise cruzada dos vídeos gravações permitiu o compartilhamento de experiências e gerou um ambiente de colaboração e aprendizado mútuo entre os professores.

A utilização da RV e da RA no ensino de ciências tem apresentado resultados e impactos positivos, como demonstram os estudos analisados. Essas tecnologias imersivas proporcionam uma experiência de aprendizagem mais envolvente e interativa para os alunos, levando a melhores resultados de aprendizagem (Zhang; Wang, 2021).

Um dos impactos positivos do uso de RV e RA no ensino de ciências é que essas tecnologias facilitam a compreensão de conceitos abstratos. Ao criar ambientes virtuais e simulações, os alunos podem visualizar e interagir com fenômenos científicos que de outra forma seriam difíceis de compreender (Zhang; Wang, 2021). Por exemplo, um estudo de Hamilton *et al.* (2020) conduziram uma revisão sistemática da literatura e descobriram que a RV imersiva pode melhorar a compreensão dos alunos sobre assuntos complexos de uma forma que os métodos de ensino tradicionais não conseguem.

Além disso, foi demonstrado que o uso de RV e RA no ensino de ciências aumenta a motivação e o envolvimento dos alunos. A natureza imersiva destas tecnologias capta a atenção dos alunos e cria uma sensação de presença, tornando a experiência de aprendizagem mais agradável e significativa. Essa maior motivação pode levar a melhores resultados de aprendizagem. Exemplificando, um estudo de Moro *et al.* (2019) destacaram os benefícios do uso de combinações de dispositivos e tecnologias, como dispositivos habilitados para RA, na melhoria das experiências de aprendizagem dos alunos e no envolvimento em disciplinas de saúde e medicina.

Os impactos positivos da RV e da RA no ensino de ciências também foram observados em domínios específicos, como o ensino de anatomia. Estudos demonstraram que o uso de RV e RA pode melhorar a visualização e compreensão de estruturas anatômicas complexas pelos alunos (Küçük *et al.*, 2016; Ekstrand *et al.*, 2018). Essas tecnologias proporcionam aos alunos uma experiência de aprendizagem mais interativa e imersiva, permitindo-lhes explorar e manipular modelos virtuais do corpo humano.

No campo das ciências da saúde e da medicina, a combinação de dispositivos e tecnologias, como dispositivos habilitados para RA enriquecidos com modelos impressos em 3D ou sessões de RV juntamente com questionários *online*, tem se mostrado promissora na melhoria das experiências de aprendizagem dos estudantes (Moro *et al.*, 2019). Essas abordagens multimodais proporcionam aos alunos uma experiência de aprendizagem mais abrangente e interativa, permitindo-lhes compreender e comunicar melhor conceitos médicos complexos. Estudos demonstraram que essas tecnologias podem promover a aprendizagem

prática e melhorar a aquisição de conhecimento pelos docentes (Moro *et al.*, 2021). Exemplificando, um ensaio clínico randomizado conduzido comparou o uso do *HoloLens*® e da RA móvel no ensino de anatomia e descobriu que ambos os métodos foram igualmente capazes na melhoria do desempenho dos alunos nos testes de conhecimento (Moro *et al.*, 2020). Conclui-se que essas tecnologias podem ser alternativas viáveis aos métodos tradicionais de educação em ciências da saúde (Moro *et al.*, 2021).

Além dos resultados positivos e impactos na aprendizagem dos alunos, o uso da RV e da RA no ensino de ciências também abriu novas possibilidades para experiências de aprendizagem colaborativas e multimodais. A título de exemplo, Zhou *et al.* (2020) exploraram o uso de RV e RA para experimentos de microscopia biológica, permitindo que os alunos interagissem com espécimes virtuais e colaborassem com seus pares em um ambiente virtual.

A análise dos estudos destaca o potencial da RV e da RA em facilitar a compreensão de conceitos químicos complexos, a visualização de fenômenos microscópicos e a interação dos alunos com o objeto de estudo. Estas tecnologias imersivas contribuem para experiências de aprendizagem mais claras e significativas no ensino de ciências.

Como visto no estudo de Hamilton *et al.* (2020) em que a RV imersiva tem a capacidade de melhorar a compreensão dos estudantes sobre assuntos de alta complexidade, de maneira mais eficiente do que os métodos de ensino tradicionais. Os gráficos de alta fidelidade e o conteúdo imersivo fornecidos pela RV permitem que os alunos explorem e interajam com conceitos complexos, levando a melhores resultados de aprendizagem.

A RA também tem sido usada para melhorar a aprendizagem em domínios específicos, como o ensino de matemática e geometria. Kaufmann e Schmalstieg (2003) discutem o uso da RA colaborativa no ensino de matemática e geometria, que permite aos alunos interagirem com objetos virtuais e visualizar conceitos matemáticos abstratos de uma forma mais tangível.

O potencial da RV e da RA na educação universitária em STEM também foi investigado. Lee *et al.* (2022) conduziram uma investigação de ambientes de aprendizagem em sala de aula de RVA na educação universitária STEM. O estudo descobriu que essas tecnologias imersivas podem aumentar o envolvimento, a motivação e a compreensão dos conceitos científicos dos alunos.

No campo do ensino de anatomia, o uso da RA tem mostrado impactos positivos no desempenho dos alunos e na carga cognitiva. Küçük *et al.* (2016) desenvolveram um aplicativo móvel de RA para aprendizagem de neuroanatomia, que integrou objetos virtuais de aprendizagem ao mundo real. O estudo constatou que essa abordagem contribuiu para a

formação de um ambiente de aprendizagem potencialmente eficaz e produtivo, reduzindo a carga cognitiva e melhorando o desempenho dos alunos.

Além disso, a RV tem sido usada para melhorar a visualização de moléculas complexas pelos alunos no ensino de química. Won *et al.* (2019) desenvolveram um aplicativo interativo de RV imersivo que permitiu aos alunos explorarem e manipular modelos virtuais de moléculas complexas. O estudo descobriu que esta abordagem melhorou as habilidades de visualização e compreensão das estruturas moleculares dos alunos.

A utilização da RV e da RA no ensino de ciências tem apresentado resultados claramente positivos. No entanto, há necessidade de mais pesquisas e práticas baseadas em evidências para compreender plenamente a eficácia e o potencial dessas tecnologias, especialmente para alunos do ensino fundamental e médio.

Embora existam pesquisas que demonstrem os benefícios da RV e da RA no ensino de ciências, são necessários mais estudos para construir uma base de evidências mais sólida. Por exemplo, uma revisão sistemática e meta-análise de Moro *et al.* (2021) examinaram as melhorias de RV e RA no desempenho de testes de anatomia e fisiologia de estudantes de medicina e ciências. A revisão concluiu que, embora tanto à RV como a RA sejam alternativas viáveis aos métodos tradicionais de educação, são necessárias mais pesquisas para compreender totalmente o seu impacto no desempenho nos testes.

Além disso, estudos exploraram a viabilidade e aceitabilidade do uso de RA em simulações clínicas (Chaballout *et al.*, 2016), o potencial das tecnologias de RV e RA para promover o bem-estar em adultos mais velhos (Lee *et al.*, 2019), o uso de RV e RA no ensino de ciências e matemática nos países árabes (Abutayeh *et al.*, 2022), e o estado da arte e as perspectivas futuras da RV e RA na medicina veterinária (Aghapour; Bockstahler, 2022). Estes estudos fornecem informações valiosas sobre os benefícios potenciais da RV e da RA em vários contextos, mas são necessárias mais pesquisas para validar e expandir estas descobertas.

A necessidade de mais pesquisas é particularmente importante quando se considera o uso de RV e RA no ensino básico. Embora existam evidências dos impactos positivos destas tecnologias no ensino superior e em contextos profissionais, a sua eficácia e adequação para os estudantes mais jovens ainda estão a ser exploradas. Mais pesquisas são necessárias para compreender como a RV e a RA podem ser efetivamente integradas ao currículo e às práticas de ensino para alunos do ensino fundamental.

Diante disso, os estudos analisados evidenciam que a utilização da RVA no ensino de Ciências pode trazer resultados e impactos positivos. Essas tecnologias proporcionam uma experiência mais imersiva, facilitam a compreensão de conceitos abstratos, aumentam a

motivação e o engajamento dos alunos, além de permitir práticas colaborativas e a criação de ambientes de aprendizado mais dinâmicos. No entanto, também é necessário considerar os desafios associados ao uso dessas tecnologias, como a necessidade de abordagens adequadas e uma gestão eficiente dos recursos. Mais pesquisas e práticas baseadas em evidências são necessárias para compreender plenamente a eficácia e o potencial da RV e da RA no ensino de ciências para alunos do ensino básico.

5.6. Lacunas e desafios

Os estudos analisados apresentaram algumas lacunas e desafios no uso da RV e RA no ensino de Ciências. No entanto, é importante destacar que nem todos os trabalhos forneceram uma abordagem explícita dessas lacunas e desafios. No texto de Fernandes e Angotti (2005), embora algumas contradições e dificuldades no entendimento do termo “virtual” sejam mencionadas, não são apresentadas lacunas específicas ou desafios a serem abordados. No trabalho de Sfalcin e Rogado (2007), embora não sejam mencionados explicitamente, podem ser inferidos alguns desafios, como a adaptação das simulações às especificidades do ensino de Química e as possíveis dificuldades técnicas na implementação das simulações e integração dos dispositivos de RV e RA com os *softwares* utilizados. O estudo de Donzelli e Tomazello (2007) destaca a falta de recursos didáticos computacionais adequados para o ensino de Física no ensino médio. A utilização da RA visa preencher essa lacuna, mas os desafios mencionados estão relacionados à superação das dificuldades de aprendizagem dos alunos em relação a conceitos específicos, como campo magnético e suas fontes, efeitos do campo magnético, distinção entre campo eletrostático e campo magnético estacionário.

No artigo de Rolim *et al.* (2011), algumas lacunas e desafios identificados incluem a necessidade de maiores investigações sobre a efetividade da RV e RA como ferramenta de ensino, a adaptação do método para diferentes contextos educacionais e a superação de possíveis limitações tecnológicas. No entanto, detalhes sobre as dificuldades relatadas pelos estudantes em relação à visualização do conteúdo e pontos positivos e negativos da usabilidade do protótipo de RA não são discutidos. Além disso, a amostra utilizada foi pequena, o que limita a generalização dos resultados. No trabalho de Oliveira *et al.* (2013), as lacunas e desafios são semelhantes aos mencionados anteriormente, incluindo a necessidade de mais investigações sobre a efetividade da RV e RA como ferramenta de ensino e a adaptação do método para diferentes contextos educacionais. A formação dos professores e a disponibilidade de recursos e infraestrutura nas escolas também são mencionadas como desafios.

No estudo de Lima *et al.* (2017), apesar do crescimento de trabalhos publicados sobre RVA no ensino de Ciências, ainda há a necessidade de mais pesquisas nessa área para explorar seu potencial e identificar melhores práticas. A utilização da RVA no contexto do Ensino Fundamental é pouco explorada, e existem lacunas em relação aos temas abordados e aos anos escolares envolvidos. A adaptação do conteúdo da RVA pelos professores e a integração da tecnologia de forma adequada ao contexto da instituição representam desafios a serem superados. O artigo de Gonçalves *et al.* (2017) não menciona explicitamente as lacunas e desafios encontrados.

No estudo de França e Silva (2017), são mencionadas algumas lacunas e desafios, como a lenta adoção das tecnologias de RVA nas escolas e a necessidade de formação adequada dos professores para utilizá-las efetivamente em suas práticas educacionais. O trabalho de Oliveira *et al.* (2019) destaca a necessidade de levar em consideração a faixa etária dos alunos ao escolher os equipamentos tecnológicos, adaptando a exposição e os recursos de acordo com as características e habilidades dos alunos. A capacitação dos mediadores e o gerenciamento do tempo de espera para utilizar a realidade virtual também são mencionados como desafios. No estudo de Joglar *et al.* (2019), embora tenham sido mostrados resultados promissores no estímulo à reflexão dos professores de ciências, existem lacunas e desafios a serem considerados. Algumas possíveis melhorias incluem ampliar a amostra de participantes e diversificar os contextos educacionais representados. Além disso, é importante considerar as limitações da realidade virtual como ferramenta de análise e reflexão, complementando seu uso com outras estratégias de coleta de dados.

A integração da RV e da RA no ensino de ciências enfrenta diversas lacunas e desafios que precisam ser abordados para uma implementação eficaz. Os principais pontos que podemos destacar dos artigos presentes são em sete áreas principais de preocupação: falta de recursos didáticos adequados, limitações tecnológicas, necessidade de mais investigação e formação adequada, adaptação e integração adequada da tecnologia, consideração das características dos alunos, expansão da pesquisa e diversificação de contextos, e complementação com outras estratégias.

Um dos desafios do uso da RV e da RA no ensino de ciências é a falta de recursos didáticos adequados. A disponibilidade de conteúdos e aplicações educacionais de alta qualidade é crucial para a criação de experiências de aprendizagem envolventes e envolventes. No entanto, o desenvolvimento de tais recursos requer tempo, esforço e conhecimentos significativos. Moro *et al.* (2017) discutem a eficácia da RV e da RA nas ciências da saúde e no ensino de anatomia médica, enfatizando a necessidade de recursos educacionais bem

concebidos e adaptados para complementar o conteúdo das aulas. São necessários mais pesquisas e investimentos para desenvolver uma ampla gama de recursos de ensino que se alinhem com os objetivos curriculares e atendam a diferentes faixas etárias e estilos de aprendizagem.

As limitações tecnológicas representam outro desafio no uso da RV e da RA no ensino de ciências. A eficácia destas tecnologias depende da disponibilidade de *hardware* e *software* fiáveis e fáceis de utilizar. No entanto, ainda são necessários avanços tecnológicos para melhorar a resolução, a precisão do rastreamento e a facilidade de uso dos dispositivos RV e RA. Iwanaga *et al.* (2020) discutem os desafios e oportunidades no ensino de anatomia durante e após a pandemia da COVID-19, destacando a necessidade de inovações tecnológicas para apoiar a aprendizagem remota e experiências de dissecação virtual. A investigação e o desenvolvimento contínuos no domínio da tecnologia RV e RA são necessários para superar estas limitações e aumentar o potencial educativo destas ferramentas.

A necessidade de mais investigação e formação adequada é um aspecto crítico da integração da RV e da RA no ensino das ciências. Embora existam provas crescentes dos impactos positivos destas tecnologias, é necessária mais investigação para compreender a sua eficácia em diferentes contextos educativos e para diferentes resultados de aprendizagem. Barteit *et al.* (2021) conduziram uma revisão sistemática sobre o uso de HMDs baseados em RV e RA na educação médica e enfatizaram a necessidade de avaliações mais rigorosas e estudos em maior escala para gerar evidências relevantes. Além disso, a formação adequada dos educadores é essencial para garantir a implementação eficaz da RV e da RA na sala de aula. Os educadores precisam estar familiarizados com a tecnologia, as estratégias pedagógicas e as melhores práticas para integrar à RV e a RA no seu ensino. Isso requer oportunidades de desenvolvimento profissional e apoio contínuo.

A adaptação e integração adequada da tecnologia é um desafio significativo no uso de RV e RA no ensino de ciências. Os professores precisam de se adaptar à utilização destas tecnologias e integrá-las eficazmente nas suas práticas de ensino. Isto requer a compreensão das capacidades e limitações da RV e da RA, bem como o desenvolvimento de estratégias e recursos de ensino apropriados. Moro *et al.* (2017) e Moro *et al.* (2021) enfatizam a importância de recursos educacionais bem concebidos e adaptados para complementar o conteúdo das aulas na educação anatômica. Isto requer o desenvolvimento de materiais e estratégias de ensino apropriados que se alinhem com os objetivos curriculares e atendam a diferentes faixas etárias e estilos de aprendizagem. Assim como, os educadores precisam de apoio e formação para adaptar e integrar eficazmente à RV e a RA nas suas práticas de ensino.

A consideração das características dos alunos é essencial ao usar VR e AR no ensino de ciências. Diferentes grupos etários têm capacidades e desenvolvimento cognitivo variados, e a escolha do equipamento tecnológico e a adaptação da exposição e dos recursos devem ser adaptadas em conformidade. Iwanaga *et al.* (2020) discutem a necessidade de inovações tecnológicas para apoiar o ensino remoto e experiências virtuais no ensino de anatomia, considerando as limitações impostas pela pandemia da COVID-19. Reis *et al.* (2021) discutem os desafios da utilização de aplicações de RM em urologia, destacando a necessidade de considerar a natureza não rígida dos órgãos e a calibração dos dispositivos. Compreender as características e habilidades dos alunos é crucial para proporcionar experiências de aprendizagem significativas e eficazes.

A expansão da pesquisa e a diversificação de contextos são necessárias para obter uma compreensão abrangente do uso da RV e da RA no ensino de ciências. Embora exista investigação sobre a potencialidade destas tecnologias, são necessários mais estudos para explorar o seu impacto em diferentes contextos educativos e para diferentes resultados de aprendizagem. Lee *et al.* (2019) discutem o potencial das tecnologias de RV e RA para promover o bem-estar em idosos, enfatizando a necessidade de fatores de diversão e considerando as necessidades específicas da população-alvo. Barteit *et al.* (2021) destacam a necessidade de avaliações mais rigorosas e estudos em maior escala para gerar evidências relevantes no campo da educação médica. Diversificar os contextos educacionais representados e aumentar as amostras de participantes pode proporcionar uma compreensão mais abrangente dos benefícios e desafios do uso da RV e da RA no ensino de ciências.

A complementação com outras estratégias é importante para garantir uma análise mais completa e eficaz do uso da RV e da RA no ensino de ciências. Embora a RV e a RA ofereçam experiências imersivas e interativas, devem ser complementadas com outras estratégias de recolha de dados para fornecer uma compreensão mais abrangente dos resultados e experiências de aprendizagem dos alunos. Isto pode incluir métodos de avaliação tradicionais, observações e *feedback* qualitativo. Ao combinar múltiplas estratégias de recolha de dados, os educadores podem obter uma compreensão mais holística do impacto da RV e da RA no ensino de ciências.

Portanto, os estudos apresentados evidenciam diversas lacunas e desafios relacionados à utilização da RVA no ensino de ciências. Esses desafios incluem a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre a efetividade da RVA, a adaptação dos métodos para diferentes contextos educacionais, a formação adequada dos professores, a disponibilidade de recursos e infraestrutura, a superação de limitações tecnológicas, a adaptação do conteúdo e a consideração das características e habilidades dos alunos. A ampliação das pesquisas nessa área

é fundamental para explorar seu potencial e identificar melhores práticas que possam contribuir para o aprimoramento do ensino de ciências.

5.7. Implicações para a prática educacional

A utilização da tecnologia de RVA no contexto educacional traz implicações significativas para a prática educacional. Diversos estudos abordaram essa temática, explorando as transformações trazidas pelas tecnologias, as possibilidades de aprendizagem imersiva e a melhoria na compreensão de conceitos científicos (Quadro 3).

O texto de Fernandes e Angotti (2005) analisa as mudanças no tempo, duração, espaço e sociabilidade provocadas pelas tecnologias. Destaca-se a possibilidade de acesso a lugares virtuais e a interação entre pessoas fisicamente distantes como formas de sociabilidade emergentes. Essas considerações têm implicações relevantes para a prática educacional ao explorar novas formas de aprendizagem e interação por meio da RVA, proporcionando experiências imersivas e ampliando o acesso ao conhecimento.

No estudo de Sfalcin e Rogado (2007), destaca-se que a RVA supera as limitações dos métodos tradicionais de ensino ao proporcionar uma visualização concreta e interativa dos conceitos químicos. Os alunos podem explorar esses conceitos em ambientes virtuais tridimensionais, observando as interações moleculares e experimentando perturbações no equilíbrio químico. Isso contribui para melhorar a compreensão dos alunos e tornar o aprendizado mais envolvente. No entanto, é fundamental considerar a infraestrutura necessária, a formação dos professores e a integração dessas tecnologias no currículo para obter impactos positivos na prática educacional. O estudo de Donzelli e Tomazello (2007) destaca a contribuição da realidade aumentada para o ensino de física no ensino médio. A possibilidade de visualizar e interagir com os conceitos de campo elétrico e magnético em um ambiente tridimensional facilita a compreensão dos alunos e torna o aprendizado mais significativo.

No trabalho de Rolim *et al.* (2011), a RA é apresentada como uma ferramenta facilitadora para a compreensão de conceitos científicos. A visualização e manipulação de objetos bidimensionais e tridimensionais por meio da RA podem melhorar a compreensão dos alunos e ajudá-los a relacionar os conceitos estudados com a vida real. No entanto, são mencionados desafios, como a necessidade de ajustar a infraestrutura física e fornecer tempo adequado para os alunos explorarem e dominarem a tecnologia. Esses estudos ressaltam a

importância de incorporar tecnologias inovadoras, como a RA, no ensino de ciências, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais interativa e envolvente.

No estudo de Oliveira *et al.* (2013), a RA é utilizada como recurso didático com base na teoria da aprendizagem significativa. A abordagem visa estabelecer conexões lógicas e psicológicas entre os conceitos prévios dos alunos e as novas informações apresentadas. Os modelos tridimensionais desenvolvidos estimulam a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, processos cognitivos essenciais para a aprendizagem significativa. Além disso, os mapas conceituais foram utilizados como instrumentos de avaliação, permitindo representar as relações entre os conceitos aprendidos e identificar as relações hierárquicas e integrativas.

É visto no artigo de Lima *et al.* (2017) que a RA pode ser uma ferramenta promissora para inovar as práticas pedagógicas e favorecer a autonomia dos alunos. Ela permite que os conceitos abstratos se tornem mais concretos e visuais, possibilitando aos alunos manipularem e interagir com o conteúdo de forma mais tangível. Além disso, a RA pode promover a colaboração entre os alunos, incentivando a troca de ideias e o trabalho em equipe. No entanto, é fundamental que os professores recebam suporte e formação adequada para utilizar a RA de maneira efetiva, alinhada aos objetivos educacionais e às necessidades dos alunos.

O texto de Gonçalves *et al.* (2017), é mostrado, no ensino de Física, a utilização da RA pode enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, tornando as aulas mais dinâmicas e interativas. A criação de ambientes imersivos e interativos estimula o interesse e o engajamento dos alunos, tornando os conteúdos mais acessíveis e significativos, como visto em Oliveira *et al.* (2013) e outros trabalhos já citados. No entanto, para aproveitar plenamente os benefícios da RA, é necessário adaptar o currículo e investir na formação dos professores. Também é crucial garantir o acesso equitativo à tecnologia, superando barreiras socioeconômicas.

França e Silva (2017) diz, em seu estudo, que a utilização da RV e RA no ensino de Ciências no Brasil requer uma atualização dos métodos de ensino e a incorporação dessas tecnologias como ferramentas pedagógicas. Os professores podem aproveitar essas tecnologias para motivar os alunos, melhorar a compreensão dos conceitos científicos e permitir a realização de experiências virtuais. No entanto, é necessário superar os desafios identificados, como a falta de infraestrutura e a necessidade de formação adequada dos professores.

O trabalho de Oliveira *et al.* (2019) mostra que a integração da tecnologia, incluindo a RV, na educação é destacada como uma maneira de tornar o processo de aprendizagem mais envolvente e estimulante, especialmente em temas relacionados à saúde e ciência. No entanto, é necessário planejamento cuidadoso para garantir que os recursos tecnológicos sejam adequados para cada faixa etária e promovam a compreensão e a discussão dos conteúdos. Além

disso, a capacitação dos mediadores é essencial para orientar os alunos durante as atividades, adaptando a linguagem e as atividades de acordo com o público-alvo.

Por fim, o estudo de Joglar *et al.* (2019), apresenta a reflexão crítica dos professores, estimulada pela análise cruzada das práticas docentes, pode contribuir significativamente para a melhoria do ensino e aprendizagem. Ao se tornarem mais conscientes de suas ações e decisões, os professores podem melhorar sua prática, promovendo uma maior intencionalidade e eficácia. A colaboração entre os professores, facilitada pela análise cruzada das vídeo gravações, fortalece a comunidade educacional e promove a disseminação de boas práticas. No entanto, é necessário fornecer apoio e recursos adequados aos professores, incluindo tempo para reflexão, acesso a tecnologias e treinamento para o uso efetivo da RV e RA.

Partindo dessas conclusões, o uso da RV e da RA no ensino de ciências tem implicações significativas para a prática educacional. Os principais pontos dos artigos selecionados destacam vários aspectos: as transformações trazidas pelas tecnologias RV e RA, o enriquecimento da experiência de aprendizagem, melhorar a compreensão dos conceitos científicos, facilitar a compreensão através da RA, o incentivo à autonomia dos alunos, a necessidade de adaptação curricular e formação adequada, a melhoria da dinâmica das aulas das ciências naturais, o uso da teoria da aprendizagem significativa, o incentivo à colaboração e à experimentação, a necessidade de adaptação às faixas etárias e atenção aos mediadores, a reflexão crítica dos professores e os desafios a serem superados.

O uso de RV e RA no contexto educacional traz transformações notáveis. Essas tecnologias proporcionam acesso a locais virtuais e possibilitam a interação entre indivíduos distantes, o que tem profundo impacto na sociabilidade e na aprendizagem. Por exemplo, Moro *et al.* (2017) discutem a eficácia da RV e da RA na educação anatômica, destacando o potencial dessas tecnologias para complementar o conteúdo das aulas e criar experiências de aprendizagem imersivas. A capacidade de explorar ambientes virtuais tridimensionais aumenta a compreensão e o envolvimento dos alunos com conceitos científicos.

RV e RA também enriquecem a experiência de aprendizagem, fornecendo visualizações concretas e interativas de conceitos científicos. Essas tecnologias permitem que os alunos explorem e interajam com objetos e ambientes virtuais, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e interativo. Por exemplo, Jensen e Konradsen (2017) discutem o uso de HMDs na educação e formação, enfatizando o potencial da RV para criar ambientes de aprendizagem imersivos e interativos. A visualização de conceitos científicos em ambientes virtuais tridimensionais potencializa a compreensão e retenção de conhecimento dos alunos.

As implicações para a prática educacional são significativas. Para maximizar os benefícios da RV e da RA no ensino de ciências, são necessários apoio, formação e adaptação adequados. Os educadores precisam de estar equipados com as competências e conhecimentos necessários para integrar eficazmente estas tecnologias nas suas práticas de ensino. As oportunidades de desenvolvimento profissional e o apoio contínuo são cruciais para garantir que os educadores possam adaptar e integrar à RV e a RA no seu ensino de forma eficaz. Além disso, o uso de RV e RA deve estar alinhado com os objetivos educacionais e os requisitos curriculares. Os educadores precisam selecionar e projetar cuidadosamente experiências de RV e RA que se alinhem com os objetivos de aprendizagem de seus alunos. A consideração das características dos alunos, como faixa etária e habilidades, é essencial na escolha de equipamentos tecnológicos e na adaptação de exposições e recursos

No entanto, ainda há necessidade de mais pesquisas e diversificação de contextos para compreender plenamente o potencial da RV e da RA no ensino de ciências. São necessários mais estudos para explorar o impacto destas tecnologias em diferentes contextos educativos e para diferentes resultados de aprendizagem. Isto proporcionará uma compreensão mais abrangente dos benefícios e desafios do uso de RV e RA na educação científica (Lee *et al.*, 2019).

Uma das implicações do uso da RV e da RA no ensino de ciências é a melhoria da compreensão de conceitos científicos. Essas tecnologias proporcionam visualização e interação com conceitos em ambientes tridimensionais, o que facilita a compreensão dos alunos e torna a aprendizagem mais significativa. Estudos como os de Moro *et al.* (2017) e Zhao *et al.* (2020) demonstraram a capacidade da RV e da RA no aumento do conhecimento e do envolvimento dos alunos com conceitos científicos. As capacidades de visualização e interação destas tecnologias permitem aos alunos explorarem e manipular objetos e fenômenos, levando a uma compreensão mais profunda de conceitos científicos complexos.

A RA, em particular, apresenta-se como uma ferramenta facilitadora para a compreensão de conceitos científicos. Permite a visualização e manipulação de objetos em formatos bidimensionais e tridimensionais, ajudando os alunos a relacionarem os conceitos que estudam com situações da vida real. Isso pode melhorar sua compreensão e aplicação do conhecimento científico. O uso da RA no ensino de ciências tem sido explorado em diversos estudos, como os de Videonovik *et al.* (2020) e Vergara *et al.* (2017), que demonstraram o seu potencial para envolver os alunos e melhorar os seus resultados de aprendizagem.

Uma das implicações do uso da RV e da RA no ensino de ciências é o incentivo à autonomia dos alunos. Essas tecnologias permitem que conceitos abstratos se tornem mais

concretos e visuais, promovendo a autonomia do aluno ao permitir uma manipulação e interação mais tangíveis com o conteúdo. Os alunos podem interagir ativamente com os ambientes e objetos virtuais, explorando e experimentando conceitos científicos. Essa abordagem prática promove um senso de propriedade e independência em seu processo de aprendizagem. Estudos como os de Moro *et al.* (2017) e Ibáñez *et al.* (2014) mostraram que a RV e a RA podem aumentar a autonomia e o envolvimento dos alunos na educação científica.

A adaptação curricular e a formação adequada são essenciais para a utilização eficaz da RV e da RA no ensino de ciências. O currículo precisa ser adaptado para incorporar essas tecnologias e alinhar-se com os objetivos educacionais e as necessidades dos alunos. Os educadores devem identificar as áreas e tópicos apropriados onde a RV e a RA podem melhorar as experiências de aprendizagem.

Estas implicações destacam o potencial transformador da RV e da RA no ensino de ciências. No entanto, para concretizar plenamente estes benefícios, são necessários apoio, formação e adaptação adequados. Os educadores precisam de estar equipados com as competências e conhecimentos necessários para integrar eficazmente estas tecnologias nas suas práticas de ensino. As oportunidades de desenvolvimento profissional e o apoio contínuo são cruciais para garantir que os educadores possam adaptar e integrar à RV e a RA no seu ensino de forma eficaz. Ademais, o uso de RV e RA deve estar alinhado com os objetivos educacionais e os requisitos curriculares. Os educadores precisam selecionar e projetar cuidadosamente experiências de RV e RA que se alinhem com os objetivos de aprendizagem de seus alunos. A consideração das características dos alunos, como faixa etária e habilidades, é essencial na escolha de equipamentos tecnológicos e na adaptação de exposições e recursos.

Outras implicações vistas do uso da RV e da RA no ensino de ciências é a melhoria da dinâmica das aulas de física. A RA enriquece o processo de ensino-aprendizagem em física ao tornar as aulas mais dinâmicas e interativas. Estimula o interesse e o envolvimento dos alunos, proporcionando oportunidades para exploração prática e manipulação de objetos e fenômenos virtuais. Estudos como os de Moro *et al.* (2017) e Barteit *et al.* (2021) mostraram que o uso de RA pode no ensino de física aumenta o interesse, a motivação e a compreensão dos alunos de conceitos complexos.

O uso da teoria da aprendizagem significativa é outra implicação importante observado nos estudos analisados. A RA é utilizada como recurso didático que pode ser baseado na teoria da aprendizagem significativa, que enfatiza a importância de conectar novas informações ao conhecimento existente e promover uma compreensão profunda. A RA permite aos alunos visualizarem e manipular objetos em formatos bidimensionais e tridimensionais, ajudando-os a

relacionar os conceitos que estudam com situações da vida real. Isto promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, levando a experiências de aprendizagem mais significativas. O trabalho de Iwanaga *et al.* (2020) e Zhao *et al.* (2020) demonstra a potencialidade da RA na promoção de uma aprendizagem significativa no ensino de ciências.

Outras implicações do uso da RV e da RA no ensino de ciências é o incentivo à colaboração e à experimentação. Essas tecnologias promovem a colaboração entre os alunos, permitindo-lhes trocar ideias, trabalhar juntos e participar do trabalho em equipe. RV e RA oferecem oportunidades para os alunos interagirem com objetos e fenômenos virtuais, possibilitando experimentos e simulações virtuais. Esta abordagem colaborativa e experiencial promove a aprendizagem ativa, o pensamento crítico e as habilidades de resolução de problemas. Estudos como os de Moro *et al.* (2017) e Markowitz *et al.* (2018) mostraram que a RV e a RA podem melhorar a colaboração e o envolvimento entre os alunos no ensino de ciências.

A adaptação às faixas etárias e a atenção aos mediadores é outra implicação importante do uso da RV e da RA no ensino de ciências. É fundamental adaptar a tecnologia, inclusive à RV, de acordo com a faixa etária dos alunos. Diferentes faixas etárias têm habilidades cognitivas e estilos de aprendizagem variados, e o uso de RV e RA deve ser adaptado para atender às suas necessidades de desenvolvimento. Além disso, os mediadores, como professores ou facilitadores, desempenham um papel crucial na orientação dos alunos durante as atividades de RV e RA. Deve ser fornecida formação adequada aos mediadores para garantir que possam apoiar e estruturar eficazmente as experiências de aprendizagem dos alunos. O trabalho de Ibáñez *et al.* (2014), Martin-Gutierrez *et al.* (2017) e Johnson-Glenberg (2018) demonstra a importância da adaptação adequada à idade e do apoio do mediador na implementação bem-sucedida da RV e da RA na educação.

O incentivo à reflexão crítica dos professores também é uma das implicações do uso de RV e RA. Através da análise das suas próprias práticas de ensino, os educadores podem identificar áreas de melhoria e fazer ajustes para melhorar a sua potencialidade de ensino. Esta reflexão crítica permite que os professores sejam mais intencionais nas suas práticas pedagógicas, alinhando-as com os objetivos educativos e promovendo a melhoria contínua. Estudos como os de Barteit *et al.* (2021) e Rodríguez (2022) mostraram a importância da reflexão crítica na otimização do uso da RV e da RA na prática educativa.

Isto posto, a utilização da RV e RA na prática educacional traz consigo implicações significativas. Os estudos analisados destacam que essas tecnologias podem enriquecer o ensino, tornando-o mais significativo, ao fomentar o interesse e engajamento dos alunos, além

de facilitar a compreensão de conceitos científicos e incentivar a colaboração e experimentação. Contudo, é imperativo assegurar suporte adequado aos professores, adaptar o currículo, superar obstáculos tecnológicos e garantir equidade no acesso à tecnologia, a fim de efetivamente integrar essas abordagens inovadoras na educação. Essa análise conjunta reforça que a incorporação de tecnologias imersivas como a RVA pode potencializar a aprendizagem, tornando-a mais envolvente e aplicável à vida real, embora desafios como infraestrutura, formação docente e integração curricular devam ser cuidadosamente considerados para o êxito dessas iniciativas educacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da evolução temporal dos trabalhos sobre o uso de tecnologias imersivas na educação, realidade virtual e realidade aumentada, em ciências ao longo das edições do ENPEC revela um crescimento progressivo do interesse e da produção científica nessa área. Inicialmente, as edições do ENPEC, ocorridas no final dos anos 1990 e início dos anos 2000, refletiram a incipiência do uso de RV e RA na educação em ciências. No entanto, a partir de meados da década de 2010, especialmente na XI edição do ENPEC em 2017, houve um aumento expressivo na quantidade de trabalhos que exploram diferentes abordagens e aplicações das tecnologias imersivas na educação em ciências. Esse incremento é indicativo do maior desenvolvimento tecnológico nessa área e do crescente interesse dos pesquisadores em explorar as potencialidades das tecnologias imersivas de RV e RA no contexto educacional. Um adendo a ausência das RV e RA na XIII edição, em 2021, se pode conjecturar que seja em decorrência da excepcionalidade causada pela pandemia de SARS-CoV-2, que afetou várias esferas da sociedade, incluindo à educação, o que provavelmente dificultou os estudos utilizando tecnologias imersivas, principalmente, pelo fato do estabelecimento do isolamento social, política promovida durante a pandemia de COVID-19.

É fundamental ressaltar que, apesar desse avanço, ainda persistem lacunas e desafios. Há uma necessidade premente de mais pesquisas e estudos que investiguem de forma mais aprofundada os impactos dessas tecnologias imersivas no ensino das ciências. Ainda existem questões a serem abordadas, especialmente no que diz respeito aos resultados de aprendizagem alcançados com o uso dessas tecnologias, às estratégias de ensino mais eficazes e à forma como essas tecnologias podem ser integradas de forma significativa nos currículos escolares, em especial, no ensino básico. Portanto, embora tenhamos testemunhado um crescimento no número de trabalhos apresentados sobre o uso de tecnologias de RV e RA no ENPEC ao longo dos anos, ainda há um espaço significativo para o desenvolvimento de mais pesquisas nessa área, a fim de aprimorar a compreensão de como essas tecnologias podem contribuir para o ensino de ciências e para a formação dos estudantes.

A análise das temáticas e aplicações mais abordadas nos estudos ressalta a importância de se explorar a relação entre o real e o virtual, bem como a aplicação da RV e RA no ensino de conceitos abstratos e complexos. Esses temas constituem uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias educacionais inovadoras. As pesquisas selecionadas indicam que a utilização dessas tecnologias pode resultar em melhorias significativas na compreensão dos conceitos científicos pelos alunos, tornando o aprendizado mais envolvente e interativo.

Também pode ser observado no último período de análise que a RV e RA consegue atingir não apenas o ensino de física e da química, como também a biologia.

A análise metodológica revela que diferentes abordagens foram adotadas nos estudos, incluindo desde abordagens teóricas e conceituais até o desenvolvimento de protótipos e a realização de estudos de caso. Essa diversidade de abordagens demonstra a amplitude das possibilidades de pesquisa na área e a necessidade de adaptar as metodologias aos objetivos de cada estudo.

Os resultados e impactos observados nos estudos analisados demonstram consistentemente que a utilização da RVA no ensino de ciências pode trazer benefícios substanciais. Essas tecnologias imersivas têm o potencial de melhorar a compreensão dos conceitos científicos, aumentar a motivação e o engajamento dos alunos e facilitar práticas colaborativas e experimentais. No entanto, é vital considerar os desafios associados à sua implementação, como a necessidade de infraestrutura adequada, formação docente e adaptação curricular.

As lacunas e desafios identificados apontam para a necessidade de futuras pesquisas e práticas pedagógicas mais abrangentes. A expansão dessas investigações pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes e aprimorar a integração significativa das tecnologias imersivas nos ambientes educacionais. Isso, por sua vez, pode ter um impacto substancial na qualidade do ensino de ciências e, em última instância, na formação dos estudantes.

As implicações para a prática educacional são amplas e substanciais. Os estudos analisados destacam que a utilização da RVA no ensino de ciências pode enriquecer o aprendizado, tornando-o mais significativo e relevante para a vida dos alunos. As tecnologias imersivas oferecem uma oportunidade única de promover a exploração ativa e a compreensão mais profunda dos conceitos científicos, além de incentivar a colaboração e a experimentação. No entanto, é crucial garantir o suporte adequado aos professores, a integração efetiva das tecnologias no currículo e a superação dos obstáculos tecnológicos para maximizar os benefícios dessas inovações na prática educacional.

Essa análise da evolução do uso de tecnologias imersivas na educação em ciências no ENPEC oferece uma visão abrangente do progresso e das tendências nessa área. Espera-se que este estudo possa orientar futuras pesquisas e práticas pedagógicas, promovendo uma integração mais eficaz e significativa das tecnologias imersivas no ensino de ciências e, assim, contribuindo para uma educação mais inovadora e centrada no aluno.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- ABUTAYEH, Khaled A.; KRAISHAN, Osamah M.; KRAISHAN, Eman Q.. The use of virtual and augmented reality in science and math education in Arab countries: a survey of previous research studies. **Frontiers In Education**, [S.L.], v. 7, p., 8 ago. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/educ.2022.979291>.
- AGHAPOUR, Masoud; BOCKSTAHLER, Barbara. State of the Art and Future Prospects of Virtual and Augmented Reality in Veterinary Medicine: a systematic review. **Animals**, [S.L.], v. 12, n. 24, p. 3517, 13 dez. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12243517>.
- AGRAWAL, Sarvesh; SIMON, Adèle; BECH, Søren; BÆRENTSEN, Klaus; FORCHHAMMER, Søren. Defining Immersion: literature review and implications for research on audiovisual experiences. **Journal Of The Audio Engineering Society**, [S.L.], v. 68, n. 6, p. 404-417, 30 jul. 2020. Audio Engineering Society. <http://dx.doi.org/10.17743/jaes.2020.0039>.
- AKHTAR, Muhammad Waseem; HASSAN, Syed Ali; GHAFAR, Rizwan; JUNG, Haejoon; GARG, Sahil; HOSSAIN, M. Shamim. The shift to 6G communications: vision and requirements. **Human-Centric Computing And Information Sciences**, [S.L.], v. 10, n. 1, p., dez. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13673-020-00258-2>.
- ALDAHMAH, Abdulwali H; ALSHAMRANI, Saeed M; ALSHAYA, Fahad s; ALSARRANI, Nawwaf. Research Trends in In-service Science Teacher Professional Development from 2012 to 2016. **International Journal Of Instruction**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 163-178, 3 abr. 2019. Modestum Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.29333/iji.2019.12211a>.
- ALFADIL, Mohammed. Effectiveness of virtual reality game in foreign language vocabulary acquisition. **Computers & Education**, [S.L.], v. 153, p. 103893, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103893>.
- ALLCOAT, Devon; HATCHARD, Tim; AZMAT, Freeha; STANSFIELD, Kim; WATSON, Derrick; VON MÜHLENEN, Adrian. Education in the Digital Age: learning experience in virtual and mixed realities. **Journal Of Educational Computing Research**, [S.L.], v. 59, n. 5, p. 795-816, 13 jan. 2021. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0735633120985120>.
- ALP, Nese Cakici; YAZICI, Yasemin Erkan; ONER, Dilan. Augmented reality experience in an architectural design studio. **Multimedia Tools And Applications**, [S.L.], p., 5 maio 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-023-15476-w>.
- ALQUDIMAT, Mohammad; MESAROLI, Giulia; LALLOO, Chitra; STINSON, Jennifer; MATAVA, Clyde. State of the Art: immersive technologies for perioperative anxiety, acute, and chronic pain management in pediatric patients. **Current Anesthesiology Reports**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 265-274, 14 jul. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40140-021-00472-3>.

ALVES, Regis Vieira Francisco. The Professional Didactics (PD) and Didactics of Sciences (DS) in Brazil: some implications for the professionalization of the science teacher. **Acta Didactica Napocensia**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 105-120, 20 jul. 2018. Babes-Bolyai University. <http://dx.doi.org/10.24193/adn.11.2.9>.

ANDERSEN, Benjamin J. H.; DAVIS, Arran T. A.; WEBER, Gerald; WUNSCH, Burkhard C.. Immersion or Diversion: does virtual reality make data visualisation more effective?. **2019 International Conference On Electronics, Information, And Communication (Iceic)**, [S.L.], p. 1-7, jan. 2019. IEEE. <http://dx.doi.org/10.23919/elinfocom.2019.8706403>.

ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa de; MASSABNI, Vânia Galindo. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, [S.L.], v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132011000400005>.

ANJOS, Fernando Elemar Vicente dos; ROCHA, Luiz Alberto Oliveira; SILVA, Débora Oliveira da; PACHECO, Rodrigo. Impacts of the Application of Virtual and Augmented Reality on Teaching-Learning Processes in Engineering Courses. **International Journal Of Virtual And Personal Learning Environments**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-19, 4 nov. 2021. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/ijvple.291541>.

AQUINO, Estela M. L.; SILVEIRA, Ismael Henrique; PESCARINI, Julia Moreira; AQUINO, Rosana; SOUZA-FILHO, Jaime Almeida de; ROCHA, Aline dos Santos; FERREIRA, Andrea; VICTOR, Audêncio; TEIXEIRA, Camila; MACHADO, Daiane Borges. Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 2423-2446, jun. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10502020>.

ARAÚJO, Magnólia Fernandes Florêncio de; PEDROSA, Maria Arminda. Ensinar ciências na perspectiva da sustentabilidade: barreiras e dificuldades reveladas por professores de biologia em formação. **Educar em Revista**, [S.L.], n. 52, p. 305-318, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.35890>.

ASFARIAN, Auzi; NURHADRYANI, Yani; NURHADRYANI, Yani; ARDIANSYAH, Firman; HERMADI, Irman; RAMADHAN, Dean Apriana. From Immersive to Metaverse: the gap of learning and technology in agriculture education application. **Jurnal Ilmu Komputer Dan Agri-Informatika**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 127-136, 30 nov. 2022. Institut Pertanian Bogor. <http://dx.doi.org/10.29244/jika.9.2.127-136>.

BARATA, Germana; CALDAS, Graça; GASCOIGNE, Toss. Brazilian science communication research: national and international contributions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 90, n. 21, p. 2523-2542, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160822>.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 280 p.

BARMAKI, Roghayeh; YU, Kevin; PEARLMAN, Rebecca; SHINGLES, Richard; BORK, Felix; OSGOOD, Greg M.; NAVAB, Nassir. Enhancement of Anatomical Education Using Augmented Reality: an empirical study of body painting. **Anatomical Sciences Education**, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 599-609, 19 fev. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ase.1858>.

BARSON, E. Z.; GRAAFLAND, M.; SCHIJVEN, M. P.. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. **Surgical Endoscopy**, [S.L.], v. 30, n. 10, p. 4174-4183, 23 fev. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-016-4800-6>.

BARTEIT, Sandra; LANFERMANN, Lucia; BÄRNIGHAUSEN, Till; NEUHANN, Florian; BEIERSMANN, Claudia. Augmented, Mixed, and Virtual Reality-Based Head-Mounted Devices for Medical Education: systematic review. **Jmir Serious Games**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 29080, 8 jul. 2021. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/29080>.

BEHMKE, Derek; KERVEN, David; LUTZ, Robert; PAREDES, Julia; PENNINGTON, Richard; BRANNOCK, Evelyn; DEITERS, Michael; ROSE, John; STEVENS, Kevin. Augmented Reality Chemistry: transforming 2-d molecular representations into interactive 3-d structures. **Proceedings Of The Interdisciplinary Stem Teaching And Learning Conference**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 1-9, 1 jan. 2018. Georgia Southern University. <http://dx.doi.org/10.20429/stem.2018.020103>.

BEKELE, Mafkereseb Kassahun; CHAMPION, Erik. A Comparison of Immersive Realities and Interaction Methods: cultural learning in virtual heritage. **Frontiers In Robotics And Ai**, [S.L.], v. 6, p., 24 set. 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/frobt.2019.00091>.

BERNARDO, Antonio. Virtual Reality and Simulation in Neurosurgical Training. **World Neurosurgery**, [S.L.], v. 106, p. 1015-1029, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.140>.

BLYTH, Carl. Immersive technologies and language learning. **Foreign Language Annals**, [S.L.], v. 51, n. 1, p. 225-232, mar. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/flan.12327>.

BOOMGAARD, Ayesha; FRITZ, Kaylyn A.; ISAFIADE, Omowunmi E.; KOTZE, Retha Christina M.; EKPO, Okobi; SMITH, Marjorie; GESSLER, Tyler; FULTON, Kayleigh J.; CUPIDO, Christiaan C.; ADEN, Bahija. A Novel Immersive Anatomy Education System (Anat_Hub): redefining blended learning for the musculoskeletal system. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 12, n. 11, p. 5694, 3 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app12115694>.

BOWN, Johnathan; WHITE, Elisa; BOOPALAN, Akshya. Looking for the Ultimate Display. **Boundaries Of Self And Reality On-line**, [S.L.], p. 239-259, 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-804157-4.00012-8>.

BOZZINI, Isabela Custódio Talora; PRUDÊNÇIO, Christiana Andréa Vianna; CALZOLARI, Anselmo João. A OBRA DE PAULO FREIRE E SUA RELAÇÃO COM A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS NAS ATAS DO ENPEC (1997 A 2019). **Revista Ciências & Ideias Issn: 2176-1477**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 133-148, 27 set. 2022. Instituto Federal de Educacao Ciencia e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ. <http://dx.doi.org/10.22407/2176-1477/2022.v13i4.2124>.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental (org.). **Parâmetros curriculares nacionais — terceiro e quarto ciclos do ensino fundamenta**: ciências naturais. Brasília: MEC / SEF, 1998. 138 p.

BROWN, Abbie; GREEN, Tim. Virtual Reality: low-cost tools and resources for the classroom. **Techtrends**, [S.L.], v. 60, n. 5, p. 517-519, 30 jun. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11528-016-0102-z>.

BUJAK, Keith R.; RADU, Iulian; CATRAMBONE, Richard; MACINTYRE, Blair; ZHENG, Ruby; GOLUBSKI, Gary. A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. **Computers & Education**, [S.L.], v. 68, p. 536-544, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>.

CANNIZZARO, Delia; ZAED, Ismail; SAFA, Adrian; JELMONI, Alice J. M.; COMPOSTO, Antonio; BISOGGIO, Andrea; SCHMEIZER, Kyra; BECKER, Ana C.; PIZZI, Andrea; CARDIA, Andrea. Augmented Reality in Neurosurgery, State of Art and Future Projections. A Systematic Review. **Frontiers In Surgery**, [S.L.], v. 9, p., 11 mar. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fsurg.2022.864792>.

CARMIGNIANI, Julie; FURHT, Borko; ANISETTI, Marco; CERAVOLO, Paolo; DAMIANI, Ernesto; IVKOVIC, Misa. Augmented reality technologies, systems and applications. **Multimedia Tools And Applications**, [S.L.], v. 51, n. 1, p. 341-377, jan. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>.

CARROLL, Joanne; HOPPER, Louise; FARRELLY, Aaron Mark; LOMBARD-VANCE, Richard; BAMIDIS, Panagiotis D.; KONSTANTINIDIS, Evdokimos I.. A Scoping Review of Augmented/Virtual Reality Health and Wellbeing Interventions for Older Adults: redefining immersive virtual reality. **Frontiers In Virtual Reality**, [S.L.], v. 2, p. 1, 2 jun. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/frvir.2021.655338>.

CHABALLOUT, Basil; MOLLOY, Margory; VAUGHN, Jacqueline; III, Raymond Brisson; SHAW, Ryan. Feasibility of Augmented Reality in Clinical Simulations: using google glass with manikins. **Jmir Medical Education**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 2, 7 mar. 2016. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/mededu.5159>.

CHOI, Jeeyae; THOMPSON, C Elise; CHOI, Jeungok; WADDILL, Colette B.; CHOI, Soyoung. Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Nursing Education. **Nurse Educator**, [S.L.], v. 47, n. 3, p. 57-61, 12 out. 2021. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/nne.0000000000001117>.

CIPRESSO, Pietro; GIGLIOLI, Irene Alice Chicchi; RAYA, Mariano Alcañiz; RIVA, Giuseppe. The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: a network and cluster analysis of the literature. **Frontiers In Psychology**, [S.L.], v. 9, p. 1-20, 6 nov. 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>.

COELHO NETO, João; BLANCO, Marilia Bazan; ARAËJO, Roberta Negrão de. AS TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: percepções, desafios e possibilidades para o contexto educacional. **Revista Encitec**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 3, 29 jul. 2019. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missoes. <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v9i2.2218>.

COOKE, Julia; ARAYA, Yoseph; BACON, Karen L.; BAGNIEWSKA, Joanna M.; BATTY, Lesley C.; BISHOP, Tom R.; BURNS, Moya; CHARALAMBOUS, Magda; DAVERSA, David R.; DOUGHERTY, Liam R.. Teaching and learning in ecology: a horizon scan of emerging challenges and solutions. **Oikos**, [S.L.], v. 130, n. 1, p. 15-28, 8 out. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/oik.07847>.

CYPRESS, Brigitte S.; CABORAL-STEVENSON, Meriam. "Sense of Presence" in Immersive Virtual Reality Environment. **Dimensions Of Critical Care Nursing**, [S.L.], v. 41, n. 5, p.

235-245, set. 2022. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).
<http://dx.doi.org/10.1097/dcc.0000000000000538>.

DAM, Abhraneil; SIDDIQUI, Arsh; LECLERQ, Charles; JEON, Myounghoon. Extracting a Definition and Taxonomy for Audio Augmented Reality (AAR) Using Grounded Theory. **Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.L.], v. 66, n. 1, p. 1220-1224, set. 2022. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1177/1071181322661434>.

DETROZ, Juliana Patricia; JASINSKI, Marcio Geovani; BOSSE, Rafaela; BERLIM, Thiago Luiz; HOUNSELL, Marcelo da Silva. Virtual Reality Evolution in Brazil: a survey over the papers in the. **2014 XVI Symposium On Virtual And Augmented Reality**, [S.L.], p. 1, maio 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/svr.2014.39>

DEURSEN, Margot; REUVERS, Laura; DUTS, Jacobus Dylan; JONG, Guido de; HURK, Marianne van Den; HENSSEN, Dylan. Virtual reality and annotated radiological data as effective and motivating tools to help Social Sciences students learn neuroanatomy. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1, 18 jun. 2021. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-92109-y>.

DIAMOND, James; EVANS, William. The Correction for Guessing. **Review Of Educational Research**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 181-191, jun. 1973. American Educational Research Association (AERA). <http://dx.doi.org/10.3102/00346543043002181>

DIETRICH, Nicolas; KENTHESWARAN, Kalyani; AHMADI, Aras; TEYCHENÉ, Johanne; BESSIÈRE, Yolaine; ALFENORE, Sandrine; LABORIE, Stéphanie; BASTOUL, Dominique; LOUBIÈRE, Karine; GUIGUI, Christelle. Attempts, Successes, and Failures of Distance Learning in the Time of COVID-19. **Journal Of Chemical Education**, [S.L.], v. 97, n. 9, p. 2448-2457, 3 ago. 2020. American Chemical Society (ACS).
<http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00717>.

DONZELLI, Thiago de Matos; TOMAZELLO, Maria Guiomar Carneiro. A utilização da realidade aumentada no ensino de conceitos de campo elétrico e magnético. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2007. p. 1-10.

DOUMANIS, Ioannis; ECONOMOU, Daphne; SIM, Gavin Robert; PORTER, Stuart. The impact of multimodal collaborative virtual environments on learning: a gamified online debate. **Computers & Education**, [S.L.], v. 130, p. 121-138, mar. 2019. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.017>.

DUNLEAVY, Matt; DEDE, Chris; MITCHELL, Rebecca. Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. **Journal Of Science Education And Technology**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 7-22, 3 set. 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>.

EBADI, Saman; EBADIJALAL, Marjan. The effect of Google Expeditions virtual reality on EFL learners' willingness to communicate and oral proficiency. **Computer Assisted Language Learning**, [S.L.], v. 35, n. 8, p. 1975-2000, 4 dez. 2020. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/09588221.2020.1854311>.

EBADIJALAL, Marjan; YOUSOFI, Nouroddin. ‘Take me to a virtual trip if you want me to write better!’: the impact of google expeditions on efl learners’: writing motivation and performance. **Computer Assisted Language Learning**, [S.L.], p. 1-23, 14 set. 2022. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09588221.2022.2123001>.

EKSTRAND, Chelsea; JAMAL, Ali; NGUYEN, Ron; KUDRYK, Annalise; MANN, Jennifer; MENDEZ, Ivar. Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: a randomized controlled study. **Cmaj Open**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 103-109, jan. 2018. CMA Joule Inc.. <http://dx.doi.org/10.9778/cmajo.20170110>.

ELMQADDEM, Noureddine. Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality? **International Journal Of Emerging Technologies In Learning (Ijet)**, [S.L.], v. 14, n. 03, p. 234, 14 fev. 2019. International Association of Online Engineering (IAOE). <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289>.

FAQIH, Khaled M.s.; JARADAT, Mohammed-Issa Riad Mousa. Integrating TTF and UTAUT2 theories to investigate the adoption of augmented reality technology in education: perspective from a developing country. **Technology In Society**, [S.L.], v. 67, p. 101787, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101787>.

FERNANDES, Geraldo Wellington Rocha; ANGOTTI, José André Peres. Homem e Máquina: Entre o Real e o Virtual. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru, SP. **Anais [...]**. Bauru, SP: ABRAPEC, 2005. p. 1-12.

FRAGA, P. G. R., BERNARDES, M. M. S. Método de revisão semissistemática ou meta-narrativa da literatura para pesquisas de design. In: OLIVEIRA, G. G. de; NÚÑEZ, G. J. Z. Design em Pesquisa – Volume 4. Porto Alegre: Marcavisual, 2021. cap. 24, p. 480-499. E-book. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>.

FRANÇA, Carlos Roberto; SILVA, Tatiana da. A Realidade Virtual e Aumentada e o Ensino de Ciências. **Revista de Estudos e Pesquisas Sobre Ensino Tecnológico (Educitec)**, [S.L.], v. 5, n. 10, p. 1, 1 mar. 2019. Instituto Federal do Amazonas. <http://dx.doi.org/10.31417/educitec.v5i10.414>.

FRANÇA, Carlos Roberto; SILVA, Tatiana da. A utilização da Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2017. p. 1-8.

GARZÓN, Juan; ACEVEDO, Juan. Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students’ learning gains. **Educational Research Review**, [S.L.], v. 27, p. 244-260, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>.

GARZÓN, Juan; PAVÓN, Juan; BALDIRIS, Silvia. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. **Virtual Reality**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 447-459, 14 fev. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>.

GIBSON, William. **Neuromancer**. 5. ed. São Paulo: Aleph, 2016. 320 p. Tradução de: Fábio Fernandes.

GONÇALVES, Ruan Lopes; OLIVEIRA, Luciano Denardin de; VETTORI, Marcelo. Avaliação do desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2017. p. 1-8.

GUO, Fengxian; YU, F. Richard; ZHANG, Heli; LI, XI; JI, Hong; LEUNG, Victor C. M.. Enabling Massive IoT Toward 6G: a comprehensive survey. **Ieee Internet Of Things Journal**, [S.L.], v. 8, n. 15, p. 11891-11915, 1 ago. 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jiot.2021.3063686>.

HAMILTON, D.; MCKECHNIE, J.; EDGERTON, E.; WILSON, C.. Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. **Journal Of Computers In Education**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1-32, 11 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>.

HARRINGTON, Cuan M.; KAVANAGH, Dara O.; BALLESTER, Gemma Wright; BALLESTER, Athena Wright; DICKER, Patrick; TRAYNOR, Oscar; HILL, Arnold; TIERNEY, Sean. 360° Operative Videos: a randomised cross-over study evaluating attentiveness and information retention. **Journal Of Surgical Education**, [S.L.], v. 75, n. 4, p. 993-1000, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsurg.2017.10.010>.

HERADIO, Ruben; LATORRE, Luis de; GALAN, Daniel; CABRERIZO, Francisco Javier; HERRERA-VIEDMA, Enrique; DORMIDO, Sebastian. Virtual and remote labs in education: a bibliometric analysis. **Computers & Education**, [S.L.], v. 98, p. 14-38, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>.

HUANG, Tien-Chi; CHEN, Chia-Chen; CHOU, Yu-Wen. Animating eco-education: to see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. **Computers & Education**, [S.L.], v. 96, p. 72-82, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.008>.

IBÁÑEZ, María Blanca; SERIO, Ángela di; VILLARÁN, Diego; KLOOS, Carlos Delgado. Experimenting with electromagnetism using augmented reality: impact on flow student experience and educational effectiveness. **Computers & Education**, [S.L.], v. 71, p. 1-13, fev. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>.

IWANAGA, Joe; LOUKAS, Marios; DUMONT, Aaron S.; TUBBS, R. Shane. A review of anatomy education during and after the COVID-19 pandemic: revisiting traditional and modern methods to achieve future innovation. **Clinical Anatomy**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 108-114, 24 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ca.23655>.

IWANAGA, Joe; MUO, Edward C.; TABIRA, Yoko; WATANABE, Koichi; TUBBS, Susan J.; D'ANTONI, Anthony V.; RAJARAM-GILKES, Mathangi; LOUKAS, Marios; KHALIL, Mohammed K.; TUBBS, R. Shane. Who really needs a Metaverse in anatomy education? A review with preliminary survey results. **Clinical Anatomy**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 77-82, 21 set. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ca.23949>.

JENSEN, Lasse; KONRADSEN, Flemming. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. **Education And Information Technologies**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 1515-1529, 25 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>.

JOGLAR, Carol; ROJAS-ROJAS, Sandra; BARGALLÓ, Conxita Márquez. Autoanálisis y Análisis cruzado de profesores de ciencias en ejercicio en ambientes de realidad virtual. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, RN: ABRAPEC, 2019. p. 1-8.

JOHNSON-GLENBERG, Mina C.. Immersive VR and Education: embodied design principles that include gesture and hand controls. **Frontiers In Robotics And Ai**, [S.L.], v. 5, p. 1, 24 jul. 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>.

KABANDA, Gabriel; CHIPFUMBU, Colletor Tendeukai; CHINGORIWO, Tinashe. A Cybersecurity Model for a Roblox-based Metaverse Architecture Framework. **British Journal Of Multidisciplinary And Advanced Studies**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 105-141, 5 dez. 2022. European Centre for Research Training and Development. <http://dx.doi.org/10.37745/bjmas.2022.0048>.

KANG, Minsoo; RAGAN, Brian G.; PARK, Jae-Hyeon. Issues in Outcomes Research: an overview of randomization techniques for clinical trials. **Journal Of Athletic Training**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 215-221, 1 mar. 2008. Journal of Athletic Training/NATA. <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-43.2.215>.

KARDONG-EDGREN, Suzan (Suzie); FARRA, Sharon L.; ALINIER, Guillaume; YOUNG, H. Michael. A Call to Unify Definitions of Virtual Reality. **Clinical Simulation In Nursing**, [S.L.], v. 31, p. 28-34, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecns.2019.02.006>.

KAUFMANN, Hannes; SCHMALSTIEG, Dieter. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. **Computers & Graphics**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 339-345, jun. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0097-8493\(03\)00028-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0097-8493(03)00028-1).

KELLER, John M.. Development and use of the ARCS model of instructional design. **Journal Of Instructional Development**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 2-10, set. 1987. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02905780>.

KHALAF, Khaled; EL-KISHAWI, Mohamed; MUSTAFA, Shahd; KAWAS, Sausan Al. Effectiveness of technology-enhanced teaching and assessment methods of undergraduate preclinical dental skills: a systematic review of randomized controlled clinical trials. **Bmc Medical Education**, [S.L.], v. 20, n. 1, p., 28 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-020-02211-4>.

KÜÇÜK, Sevda; KAPAKIN, Samet; GÖKTAŞ, Yüksel. Learning anatomy via mobile augmented reality: effects on achievement and cognitive load. **Anatomical Sciences Education**, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 411-421, 7 mar. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ase.1603>.

KWON, Chongsan. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using HMD-based immersive VR technologies. **Virtual Reality**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 101-118, 28 ago. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-018-0364-1>.

LEE, Eun J.; PARK, Sung J.. Immersive Experience Model of the Elderly Welfare Centers Supporting Successful Aging. **Frontiers In Psychology**, [S.L.], v. 11, p., 11 fev. 2020. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00008>.

LEE, Li na; KIM, Mi Jeong; HWANG, Won Ju. Potential of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies to Promote Wellbeing in Older Adults. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 9, n. 17, p. 3556, 30 ago. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app9173556>.

LEE, T.; WEN, Y.; CHAN, M. Y.; AZAM, A. B.; LOOI, C. K.; TAIB, S.; OOI, C. H.; HUANG, L. H.; XIE, Y.; CAI, Y.. Investigation of virtual & augmented reality classroom learning environments in university STEM education. **Interactive Learning Environments**, [S.L.], p. 1-16, 29 dez. 2022. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2022.2155838>.

LI, Wenkai; NEE, A.; ONG, S.. A State-of-the-Art Review of Augmented Reality in Engineering Analysis and Simulation. **Multimodal Technologies And Interaction**, [S.L.], v. 1, n. 3, p. 17, 5 set. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/mti1030017>.

LIAO, Tony. Is it ‘augmented reality’? Contesting boundary work over the definitions and organizing visions for an emerging technology across field-configuring events. **Information And Organization**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 45-62, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infoandorg.2016.05.001>.

LIMA, Marcelo Bernardo de; PEREIRA, Larissa Baruque; SILVA, Leonardo Alves e; MERÍNO, Cristian Gonzalo; STRUCHINER, Miriam. Realidade Aumentada no Ensino de Ciências: uma revisão de literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2017. p. 1-11.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamaso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, [S.L.], v. 10, n. , p. 37-45, 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-49802007000300004>.

LINDGREN, Robb; JOHNSON-GLENBERG, Mina. Emboldened by Embodiment. **Educational Researcher**, [S.L.], v. 42, n. 8, p. 445-452, nov. 2013. American Educational Research Association (AERA). <http://dx.doi.org/10.3102/0013189x13511661>.

LINHARES, Martha Maria Prata-; CARDOSO, Thiago da Silva Gusmão; LOPES-JR, Derson S.; ZUKOWSKY-TAVARES, Cristina. Social distancing effects on the teaching systems and teacher education programmes in Brazil: reinventing without distorting teaching. **Journal Of Education For Teaching**, [S.L.], v. 46, n. 4, p. 554-564, 4 ago. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/02607476.2020.1800406>.

LU, Yi; WANG, Xiaoye; GONG, Jiangtao; LIANG, Yun. ChordAR: an educational ar game design for children’s music theory learning. **Wireless Communications And Mobile Computing**, [S.L.], v. 2022, p. 1-9, 21 fev. 2022. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2022/5268586>.

MAAS, Melanie J.; HUGHES, Janette M.. Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: a review of the literature. **Technology, Pedagogy And Education**, [S.L.], v. 29, n.

2, p. 231-249, 13 mar. 2020. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/1475939x.2020.1737210>.

MARKOWITZ, David M.; LAHA, Rob; PERONE, Brian P.; PEA, Roy D.; BAIENSON, Jeremy N.. Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change. **Frontiers In Psychology**, [S.L.], v. 9, p. 1, 30 nov. 2018. Frontiers Media SA.
<http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02364>.

MARKS, Benjy; THOMAS, Jacqueline. Adoption of virtual reality technology in higher education: an evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. **Education And Information Technologies**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 1287-1305, 8 jul. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-021-10653-6>.

MARTÍN-GUTIÉRREZ, Jorge; MORA, Carlos Efrén; AÑORBE-DÍAZ, Beatriz; GONZÁLEZ-MARRERO, Antonio. Virtual Technologies Trends in Education. **Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 1-18, 18 jan. 2017. Modestum Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>.

MEC, Ministério da Educação (2018). **Base Nacional Comum Curricular**, Brasília: Secretaria da Educação Básica.

MENA, Juanjo; ESTRADA-MOLINA, Odiel; PÉREZ-CALVO, Esperanza. Teachers' Professional Training through Augmented Reality: a literature review. **Education Sciences**, [S.L.], v. 13, n. 5, p. 517, 19 maio 2023. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/educsci13050517>.

MERCHANT, Zahira; GOETZ, Ernest T.; CIFUENTES, Lauren; KEENEY-KENNICUTT, Wendy; DAVIS, Trina J.. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: a meta-analysis. **Computers & Education**, [S.L.], v. 70, p. 29-40, jan. 2014. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.

MILGRAM, Paul; TAKEMURA, Haruo; UTSUMI, Akira; KISHINO, Fumio. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. **Spie Proceedings**, [S.L.], p. 1, 21 dez. 1995. SPIE. <http://dx.doi.org/10.1117/12.197321>.

MITRE-ORTIZ, Andres; MUÑOZ-ARTEAGA, Jaime; CARDONA-REYES, Héctor. Developing a model to evaluate and improve user experience with hand motions in virtual reality environments. **Universal Access In The Information Society**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 825-839, 26 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10209-022-00882-y>.

MOBO, Froilan. The Role of Emerging Trends in Education. **International Journal Of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research**, [S.L.], v. 2, n. 10, p. 909-913, 12 out. 2021. Galaxy Science. <http://dx.doi.org/10.11594/ijmaber.02.10.07>.

MORA, Carlos Efrén; MARTÍN-GUTIÉRREZ, Jorge; AÑORBE-DÍAZ, Beatriz; GONZÁLEZ-MARRERO, Antonio. Virtual Technologies Trends in Education. **Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 1, 18 jan. 2017. Modestum Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>.

MORO, Christian; BIRT, James; STROMBERGA, Zane; PHELPS, Charlotte; CLARK, Justin; GLASZIOU, Paul; SCOTT, Anna Mae. Virtual and Augmented Reality Enhancements to Medical and Science Student Physiology and Anatomy Test Performance: a systematic review and meta-analysis. **Anatomical Sciences Education**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 368-376, 26 fev. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ase.2049>.

MORO, Christian; STROMBERGA, Zane; RAIKOS, Athanasios; STIRLING, Allan. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. **Anatomical Sciences Education**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 549-559, 17 abr. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ase.1696>.

MORO, Christian; PHELPS, Charlotte; REDMOND, Petrea; STROMBERGA, Zane. HoloLens and mobile augmented reality in medical and health science education: a randomised controlled trial. **British Journal Of Educational Technology**, [S.L.], v. 52, n. 2, p. 680-694, 2 dez. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/bjet.13049>.

MORO, Christian; SMITH, Jessica; STROMBERGA, Zane. Multimodal Learning in Health Sciences and Medicine: merging technologies to enhance student learning and communication. **Advances In Experimental Medicine And Biology**, [S.L.], p. 71-78, 2019. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-31904-5_5.

MUNZER, Brendan William; KHAN, Mohammad Mairaj; SHIPMAN, Barbara; MAHAJAN, Prashant. Augmented Reality in Emergency Medicine: a scoping review. **Journal Of Medical Internet Research**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 12368, 17 abr. 2019. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/12368>.

NAIR, Akshaygopinathan; MISHRA, Deepak; GANDHI, Rashminanilkumar; GOGATE, Parikshitj; MATHUR, Satanshu; BHUSHAN, Prashant; SRIVASTAV, Tanmay; SINGH, Hemendra; SINHA, Bibhutip; SINGH, Mahendrakumar. The impact of COVID-19 related lockdown on ophthalmology training programs in India – Outcomes of a survey. **Indian Journal Of Ophthalmology**, [S.L.], v. 68, n. 6, p. 999, 2020. Medknow. http://dx.doi.org/10.4103/ijo.ijo_1067_20.

NASUTION, Nurliana; DARMA YUNATA, Yuvi; WAHYUNI, Sri; LIZA, Ledy Oktavia; SITUMORANG, Dominikus David Biondi. Positive impact of the COVID-19 pandemic: meaningful learning using augmented reality for children. **Journal Of Public Health**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 376-377, 23 dez. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/pubmed/fdac157>.

NEMER, Areej Al. The impact of pandemics on medical research publication trend: tested on pubmed as an example through the covid-19 era. **Electronic Journal Of General Medicine**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 379, 14 abr. 2022. Modestum Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.29333/ejgm/12008>.

NORTH, Max M.; NORTH, Sarah M. Dynamic Immersive Visualisation Environments: enhancing pedagogical techniques. **Australasian Journal Of Information Systems**, [S.L.], v. 23, p. 1-17, 20 maio 2019. Australian Journal of Information Systems. <http://dx.doi.org/10.3127/ajis.v23i0.2109>.

OLIVEIRA, Alline Bettin de; MACIAS, Leila; RODRIGUEZ, Rita de Cássia Cóssio Morem. A Aprendizagem Significativa da frutificação utilizando como recurso modelos

tridimensionais construídos com a tecnologia da Realidade Aumentada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia, SP. **Anais [...]**. Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013. p. 1-8.

OLIVEIRA, Camylla Abrantes Macedo de; SOUZA, Renan Voammaro Felipe de; RIBEIRO, Waldir da Silva; OLIVEIRA, Luis Carlos Victorino de; FRANÇA, Fernanda Marcelly de Gondra; OLIVEIRA, Miguel Ernesto Gabriel Couceiro de. Exposição itinerante “Aedes: que mosquito é esse? :: enquanto difusora no uso de aparatos tecnológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, RN: ABRAPEC, 2019. p. 1-7.

OTERO-VARELA, Lucía; CINTORA, Ana María; ESPINOSA, Salvador; REDONDO, María; UZURIAGA, Miriam; GONZÁLEZ, Myriam; GARCÍA, Mario; NALDRETT, Jessica; ALONSO, Juan; VAZQUEZ, Tatiana. Extended reality as a training method for medical first responders in mass casualty incidents: a protocol for a systematic review. **Plos One**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 0282698, 23 mar. 2023. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0282698>.

PAN, Zhigeng; CHEOK, Adrian David; YANG, Hongwei; ZHU, Jiejie; SHI, Jiaoying. Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. **Computers & Graphics**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 20-28, fev. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2005.10.004>.

PAPANASTASIOU, George; DRIGAS, Athanasios; SKIANIS, Charalabos; LYTRAS, Miltiadis; PAPANASTASIOU, Effrosyni. Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students’ twenty-first century skills. **Virtual Reality**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 425-436, 22 ago. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>.

PARK, Sang-Min; KIM, Young-Gab. A Metaverse: taxonomy, components, applications, and open challenges. *Ieee Access*, [S.L.], v. 10, p. 4209-4251, 2022. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2021.3140175>.

PARMAXI, Antigoni; ATHANASIOU, Androulla; DEMETRIOU, Alan A. Introducing a student-led application of Google Expeditions: an exploratory study. **Educational Media International**, [S.L.], v. 58, n. 1, p. 37-59, 2 jan. 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09523987.2021.1908497>

PEREZ-MARCOS, Daniel. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. **Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 1, 26 nov. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-018-0461-0>.

PERRY, Suzanne; BRIDGES, Susan Margaret; BURROW, Michael Francis. A Review of the Use of Simulation in Dental Education. **Simulation In Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 31-37, fev. 2015. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/sih.0000000000000059>.

POTKONJAK, Veljko; GARDNER, Michael; CALLAGHAN, Victor; MATTILA, Pasi; GUETL, Christian; PETROVIĆ, Vladimir M.; JOVANOVIĆ, Kosta. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review. **Computers & Education**,

[S.L.], v. 95, p. 309-327, abr. 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>.

POTTLE, Jack. Virtual reality and the transformation of medical education. **Future Healthcare Journal**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 181-185, out. 2019. Royal College of Physicians.
<http://dx.doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>.

PUTRA, Edson Yahuda; WAHYUDI, Andria K.; DUMINGAN, Charlie. A proposed combination of photogrammetry, Augmented Reality and Virtual Reality Headset for heritage visualisation. **2016 International Conference On Informatics And Computing (Icic)**, [S.L.], p. 1-6, 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iac.2016.7905687>.

QUEIROZ, Anna Carolina M; TORI, Romero; NASCIMENTO, Alexandre M.; LEME, Maria Isabel da S.. Augmented and Virtual Reality in Education: the role of brazilian research groups. **2018 20Th Symposium On Virtual And Augmented Reality (Svr)**, [S.L.], p. 1, out. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/svr.2018.00034>.

RADIANTI, Jaziar; MAJCHRZAK, Tim A.; FROMM, Jennifer; WOHLGENANNT, Isabell. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. **Computers & Education**, [S.L.], v. 147, p. 103778, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.

RAHMAT, Anggi Datiatur; KUSWANTO, Heru; WILUJENG, Insih; PERDANA, Riki. Implementation of mobile augmented reality on physics learning in junior high school students. **Journal Of Education And E-Learning Research**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 132-140, 14 fev. 2023. Asian Educational Journal Publishing Group.
<http://dx.doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>.

RAUSCHNABEL, Philipp A.; FELIX, Reto; HINSCH, Chris; SHAHAB, Hamza; ALT, Florian. What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. **Computers In Human Behavior**, [S.L.], v. 133, p. 107289, ago. 2022. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>.

REIS, Gerd; YILMAZ, Mehmet; RAMBACH, Jason; PAGANI, Alain; SUAREZ-IBARROLA, Rodrigo; MIERNIK, Arkadiusz; LESUR, Paul; MINASKAN, Nareg. Mixed reality applications in urology: requirements and future potential. **Annals Of Medicine & Surgery**, [S.L.], v. 66, p. 1, jun. 2021. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102394>.

RENGANAYAGALU, Sathiya Kumar; MALLAM, Steven C.; NAZIR, Salman. Effectiveness of VR Head Mounted Displays in Professional Training: a systematic review. **Technology, Knowledge And Learning**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 999-1041, 1 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10758-020-09489-9>.

ROBERTS, J. Kessa; PAVLAKIS, Alexandra E.; RICHARDS, Meredith P.. It's More Complicated Than It Seems: virtual qualitative research in the covid-19 era. **International Journal Of Qualitative Methods**, [S.L.], v. 20, p. 160940692110029, 1 jan. 2021. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/16094069211002959>.

RODRIGUES, Margarida; SILVA, Rui; FRANCO, Mário. Teaching and Researching in the Context of COVID-19: an empirical study in higher education. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 16, p. 8718, 4 ago. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13168718>.

RODRÍGUEZ, Pablo Javier Ortega. De la Realidad Extendida al Metaverso: una reflexión crítica sobre las aportaciones a la educación. **Teoría de La Educación. Revista Interuniversitaria**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 189-208, 3 jun. 2022. Ediciones Universidad de Salamanca. <http://dx.doi.org/10.14201/teri.27864>.

ROLIM, Ana Luiza de Souza; RODRIGUES, Rodrigo Lins; OLIVEIRA, Wilton; FARIAS, Danilo Soares. Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas, SP. **Anais [...]**. Campinas, SP: ABRAPEC, 2011. p. 1-9.

RYAN, Grace V; CALLAGHAN, Shauna; RAFFERTY, Anthony; HIGGINS, Mary F; MANGINA, Eleni; MCAULIFFE, Fionnuala. Learning Outcomes of Immersive Technologies in Health Care Student Education: systematic review of the literature. **Journal Of Medical Internet Research**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 30082, 1 fev. 2022. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/30082>.

SAHIN, Dilara; YILMAZ, Rabia Meryem. The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. **Computers & Education**, [S.L.], v. 144, p. 103710, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>.

SANTOS, Christiane C.; SANTOS, Patrícia S. dos; SANT'ANA, Maurício C.; MASUDA, Hatisaburo; BARBOZA, Monica B.; VASCONCELOS, Sonia M.R.. Going Beyond Academic Integrity Might Broaden our Understanding of Plagiarism in Science Education: a perspective from a study in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 89, n. 1, p. 757-771, 16 abr. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160474>.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, Natália Ferreira. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 32, n. 94, p. 25-41, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>.

SCHOTT, Christian; MARSHALL, Stephen. Virtual reality and situated experiential education: a conceptualization and exploratory trial. **Journal Of Computer Assisted Learning**, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 843-852, 17 ago. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jcal.12293>.

SFALCIN, Sergio Luis Silveira; ROGADO, James. Aplicação da Realidade Virtual no Ensino-Aprendizagem de Conceitos de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis, SC. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2007. p. 1-6.

SHAHAB, Muhammad Hamza; GHAZALI, Ezlika; MOHTAR, Mozard. The role of elaboration likelihood model in consumer behaviour research and its extension to new technologies: a review and future research agenda. **International Journal Of Consumer Studies**, [S.L.], v. 45, n. 4, p. 664-689, 16 fev. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijcs.12658>.

SHOJAEI, Alireza; ROKOOEI, Saeed; MAHDAVIAN, Amirsaman; CARSON, Lee; FORD, George. Using immersive video technology for construction management content delivery: a

pilot study. **Journal Of Information Technology In Construction**, [S.L.], v. 26, p. 886-901, 4 nov. 2021. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. <http://dx.doi.org/10.36680/j.itcon.2021.047>.

SILVA, Marta Adriana da; NICOLETE, Priscila Cadorin; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; SANTOS, Aline Coêlho dos. Informática na educação básica pública brasileira. **Etd - Educação Temática Digital**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 793-815, 12 ago. 2021. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/etd.v23i3.8657915>.

SIRAKAYA, Mustafa; SIRAKAYA, Didem Alsancak. Augmented reality in STEM education: a systematic review. **Interactive Learning Environments**, [S.L.], v. 30, n. 8, p. 1556-1569, 5 fev. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>.

SISWANTORO, N; HARYANTO, D; A HIKMAHWAN, M; PITANA, T. Implementation of Metaverse for Modeling The Ship Bridge Simulator Based on Virtual Reality As Educational Purposes, Case Study: tanjung priok port area. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 1166, n. 1, p. 012053, 1 maio 2023. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1166/1/012053>.

SIVANAND, Ajay; FRANK, Brian. INFORMATION VISUALISATION IN EDUCATION: a review of current tools and practices. **Proceedings Of The Canadian Engineering Education Association (Ceea)**, [S.L.], p. 1-5, 28 jan. 2017. Queen's University Library. <http://dx.doi.org/10.24908/pceea.v0i0.6535>.

SKARBEZ, Richard; SMITH, Missie; WHITTON, Mary C.. Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. **Frontiers In Virtual Reality**, [S.L.], v. 2, p. 1, 24 mar. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>.

SLATER, Mel. Immersion and the illusion of presence in virtual reality. **British Journal Of Psychology**, [S.L.], v. 109, n. 3, p. 431-433, 21 maio 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/bjop.12305>.

SNYDER, Hannah. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. **Journal Of Business Research**, [S.L.], v. 104, p. 333-339, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.

SOUZA, Caroline Batista Silva de; SOUZA, Luciana Sedano de. O Que se Discute sobre Leitura e Ensino de Ciências na Educação Básica: uma análise das pesquisas apresentadas no enpec. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.L.], p. 26792, 26 nov. 2021. Revista Brasileira de Pesquisa em Educacao em Ciencia. <http://dx.doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u13991434>.

STEPAN, Katelyn; ZEIGER, Joshua; HANCHUK, Stephanie; SIGMORE, Anthony del; SHRIVASTAVA, Raj; GOVINDARAJ, Satish; ILORETA, Alfred. Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy. **International Forum Of Allergy & Rhinology**, [S.L.], v. 7, n. 10, p. 1006-1013, 18 jul. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/alr.21986>.

STRZYS, M P; KAPP, S; THEES, M; KLEIN, P; LUKOWICZ, P; KNIERIM, P; A SCHMIDT,; KUHN, J. Physics holo.lab learning experience: using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction. **European Journal Of**

Physics, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 035703, 26 mar. 2018. IOP Publishing.
<http://dx.doi.org/10.1088/1361-6404/aaa8fb>.

SUH, Ayoung; PROPHET, Jane. The state of immersive technology research: a literature analysis. **Computers In Human Behavior**, [S.L.], v. 86, p. 77-90, set. 2018. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>.

SÜMER, Murat; VANĚČEK, David. What Previous Research Says About Virtual and Augmented Reality in Higher Education. **European Conference On E-Learning**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 406-409, 21 out. 2022. Academic Conferences International Ltd.
<http://dx.doi.org/10.34190/ecel.21.1.884>.

TELES, Tatiana de Paiva Zucareli; OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. A alfabetização científica em atividades didáticas para educação em saúde por meio do uso de textos de divulgação científica: uma pesquisa bibliográfica. **Revista Práxis**, [S.L.], v. 13, n. 25, p., 24 jun. 2021. Fundacao Oswaldo Aranha - FOA. <http://dx.doi.org/10.47385/praxis.v13.n25.3045>.

THEES, Michael; KAPP, Sebastian; STRZYS, Martin P.; BEIL, Fabian; LUKOWICZ, Paul; KUHN, Jochen. Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. **Computers In Human Behavior**, [S.L.], v. 108, p. 106316, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>.

TRIPP, Brie; SHORTLIDGE, Erin E.. A Framework to Guide Undergraduate Education in Interdisciplinary Science. **Cbe—Life Sciences Education**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 3, jun. 2019. American Society for Cell Biology (ASCB). <http://dx.doi.org/10.1187/cbe.18-11-0226>.

VAQUERO-MELCHOR, Diego; BERNARDOS, Ana M.; BERGESIO, Luca. SARA: a microservice-based architecture for cross-platform collaborative augmented reality. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 2074, 19 mar. 2020. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/app10062074>.

VENKATESAN, Mythreye; MOHAN, Harini; RYAN, Justin R.; SCHÜRCH, Christian M.; NOLAN, Garry P.; FRAKES, David H.; COSKUN, Ahmet F.. Virtual and augmented reality for biomedical applications. **Cell Reports Medicine**, [S.L.], v. 2, n. 7, p. 100348, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100348>.

VERGARA, D., RUBIO, M.P., & LORENZO, M. (2016). Enhancing the teaching/learning of materials mechanical characterization by using virtual reality. **Journal of Materials Education**, 38, 63-74.

VERGARA, D.; LORENZO, M.; RUBIO, M.P.. Virtual Environments in Materials Science and Engineering. **Handbook Of Research On Recent Developments In Materials Science And Corrosion Engineering Education**, [S.L.], p. 148-165, 2015. IGI Global.
<http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-8183-5.ch008>.

VERGARA, D.; LORENZO, M.; RUBIO, M.P.. Virtual Environments in Materials Science and Engineering. **Handbook Of Research On Recent Developments In Materials Science And Corrosion Engineering Education**, [S.L.], p. 148-165, 2015. IGI Global.
<http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-8183-5.ch008>.

VERGARA, Diego; RUBIO, Manuel; LORENZO, Miguel. On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering. **Multimodal Technologies And Interaction**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 11, 1 jun. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/mti1020011>.

VIDENOVIK, Maja; TRAJKOVIK, Vladimir; KIØNIG, Linda Vibeke; VOLD, Tone. Increasing quality of learning experience using augmented reality educational games. **Multimedia Tools And Applications**, [S.L.], v. 79, n. 33-34, p. 23861-23885, 14 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-020-09046-7>.

VIDENOVIK, Maja; TRAJKOVIK, Vladimir; KIØNIG, Linda Vibeke; VOLD, Tone. Increasing quality of learning experience using augmented reality educational games. **Multimedia Tools And Applications**, [S.L.], v. 79, n. 33-34, p. 23861-23885, 14 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-020-09046-7>.

WAINMAN, Bruce; PUKAS, Giancarlo; WOLAK, Liliana; MOHANRAJ, Sylvia; LAMB, Jason; NORMAN, Geoffrey R.. The Critical Role of Stereopsis in Virtual and Mixed Reality Learning Environments. **Anatomical Sciences Education**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 401-412, 20 nov. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ase.1928>.

WEI, Xiaodong; WENG, Dongdong; LIU, Yue; WANG, Yongtian. Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. **Computers & Education**, [S.L.], v. 81, p. 221-234, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.017>.

WEN, Yun; LOOI, Chee-Kit. Review of Augmented Reality in Education: situated learning with digital and non-digital resources. **Smart Computing And Intelligence**, [S.L.], p. 179-193, 2019. Springer Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-8265-9_9.

WOJCIECHOWSKI, Rafał; CELLARY, Wojciech. Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. **Computers & Education**, [S.L.], v. 68, p. 570-585, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>.

WON, Mihye; MOCERINO, Mauro; TANG, Kok-Sing; TREAGUST, David F.; TASKER, Roy. Interactive Immersive Virtual Reality to Enhance Students' Visualisation of Complex Molecules. **Research And Practice In Chemistry Education**, [S.L.], p. 51-64, 2019. Springer Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-6998-8_4.

WONG, Geoff; GREENHALGH, Trish; WESTHORP, Gill; BUCKINGHAM, Jeanette; PAWSON, Ray. RAMESES publication standards: meta-narrative reviews. **Bmc Medicine**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-15, 29 jan. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1741-7015-11-20>.

WU, Hsin-Kai; LEE, Silvia Wen-Yu; CHANG, Hsin-Yi; LIANG, Jyh-Chong. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. **Computers & Education**, [S.L.], v. 62, p. 41-49, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.

XIE, Yi; HONG, Yaoqi; FANG, Yanni. Virtual Reality Primary School Mathematics Teaching System Based on GIS Data Fusion. **Wireless Communications And Mobile Computing**, [S.L.], v. 2022, p. 1-13, 16 mar. 2022. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2022/7766617>.

YANG, Fang-Chuan Ou; LAI, Hui-Min; WANG, Yen-Wen. Effect of augmented reality-based virtual educational robotics on programming students' enjoyment of learning, computational thinking skills, and academic achievement. **Computers & Education**, [S.L.], v. 195, p. 104721, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104721>.

ZHANG, Weiping; WANG, Zhuo. Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 22, p. 12646, 16 nov. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su132212646>.

ZHANG, Xianhao; SHI, Yongxiu; BAI, Hua. Immersive Virtual Reality Physical Education Instructional Patterns on the Foundation of Vision Sensor. **Journal Of Sensors**, [S.L.], v. 2021, p. 1-12, 15 nov. 2021. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2021/7752447>.

ZHANG, Xijuan; WANG, Xiaoyan; LU, Jinyan. Teaching Strategy of University History Based on Virtual Reality Technology. **International Journal Of Web-Based Learning And Teaching Technologies**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 1-11, 17 mar. 2023. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/ijwltt.320230>.

ZHAO, Jingjie; XU, Xinliang; JIANG, Hualin; DING, Yi. The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. **Bmc Medical Education**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 1, 25 abr. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-020-1994-z>.

ZHOU, Xiang; TANG, Liyu; LIN, Ding; HAN, Wei. Virtual & augmented reality for biological microscope in experiment education. **Virtual Reality & Intelligent Hardware**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 316-329, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vrih.2020.07.004>.

ZITZMANN, Nicola U.; MATTHISSON, Lea; OHLA, Harald; JODA, Tim. Digital Undergraduate Education in Dentistry: a systematic review. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 17, n. 9, p. 3269, 7 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17093269>.