

# UMA ANÁLISE CRÍTICA DE PESQUISAS SOBRE O USO DA REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE FÍSICA

## A CRITICAL ANALYSIS OF RESEARCH ON THE USE OF VIRTUAL REALITY IN TEACHING PHYSICS

Richar Nicolás Durán Andrades<sup>1</sup>, Romeu Miqueias Szmoski<sup>2</sup>, Awdry Feisser Miquelin<sup>3</sup>, Adriane Marie Salm Coelho<sup>4</sup>

Recebido: maio/2024 Aprovado: setembro/2024

**Resumo:** Esta pesquisa teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico e analisar criticamente os artigos selecionados, considerando as diferentes abordagens da Realidade Virtual (RV) no ensino de Física de forma geral, e mais especificamente na Física Moderna, como parte de um estudo para uma tese em desenvolvimento. A metodologia, utilizou as bases de dados, Scopus, Web of Science, ScienceDirect e SciELO, empregando as combinações das palavras-chave: "realidade virtual", "ensino", "ensino de física", "educação" e "física moderna". Como resultado, foram obtidos 84 artigos que investigaram a utilização da RV no ensino de Física, distribuídos por diferentes áreas do conhecimento. Por fim, foi realizada uma análise crítica de 12 artigos encontrados na área de ensino de física, voltados ao uso da RV. Os resultados indicam que há poucas pesquisas envolvendo o uso da RV no ensino de Física em geral e na Física Moderna especificamente, as quais não atendem plenamente às demandas educacionais. Além disso, há questões pedagógicas, de engenharia, ergonomia, design, avaliação e desenvolvimento de conteúdo que precisam ser mais exploradas nesta área. A RV é uma área altamente interdisciplinar e complexa que pode contribuir significativamente para o ensino da Física.

**Palavras-chave:** Ensino-aprendizagem, Ensino de Física, Tecnologia, Realidade virtual.

**Abstract:** This research aimed to conduct a bibliographic review and critically analyze the selected articles, considering different approaches to Virtual Reality (VR) in Physics education in general, and more specifically in Modern Physics, as part of a study for a thesis in progress. The methodology employed the databases Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and SciELO, using keyword combinations such as "virtual reality," "education," "physics education," "teaching," and "modern physics." As a result, 84 articles investigating the use of VR in Physics education were found, covering various areas of knowledge. A critical analysis was then conducted on 12 articles focused on the use of VR in Physics education. The results indicate that there is limited research involving the use of VR in Physics education in general, and in Modern Physics specifically, which do not fully meet educational demands. Furthermore, there are pedagogical, engineering, ergonomics, design, evaluation, and content development issues that need further exploration in this field. VR is a highly interdisciplinary and complex area that can significantly contribute to Physics education

**Keywords:** Teaching-learning, Physics education, Technology, Virtual reality.

<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-9896-585X> - Doutorando em Ensino de Ciências e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Ponta Grossa, Estado Paraná, Brasil. [rduran.ula@gmail.com](mailto:rduran.ula@gmail.com)

<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0968-7158> - Doutor em Ciências Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) Professor do Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná-Brasil. [rmszmoski@utfpr.edu.br](mailto:rmszmoski@utfpr.edu.br).

<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-7459-3780> - Doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Departamento de Ensino. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná-Brasil. [awdryfei@gmail.com](mailto:awdryfei@gmail.com).

<sup>4</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-8536-1942> - Doutora em Letras (Inglês e Literatura Correspondente) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora do Departamento de Educação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil. [adrianecoelho@utfpr.edu.br](mailto:adrianecoelho@utfpr.edu.br)

## 1. Introdução

De modo geral, tem havido uma demanda por recursos tecnológicos que possam contribuir para o ensino da Física. Em decorrência dessa demanda, na última década, ainda intensificada pela pandemia da COVID-19, houve também um aumento significativo no uso de tecnologias computacionais nas salas de aula, principalmente com o acesso a tecnologias e ferramentas digitais como softwares e a evolução das interfaces de interação com aplicativos educacionais.

Embora os recursos tecnológicos tenham sido integrados ao ensino da Física, muitos deles ainda enfrentam dificuldades em estabelecer uma conexão significativa entre os conceitos da física e a vida cotidiana. Esse desafio é particularmente acentuado no campo da física moderna, na qual as teorias são altamente abstratas. Como resultado, pode ser difícil implementar esses recursos pedagógicos de maneira eficaz.

As dificuldades dos alunos em aprender Física devem-se, em grande parte, à falta de capacidade de abstração. Considerando isso, torna-se evidente a necessidade de abordagens pedagógicas inovadoras para superar esses desafios. Ressalta-se que a dificuldade de abstração dos alunos, especialmente os mais jovens, não conseguem compreender a ligação entre a Física e o cotidiano. O mesmo ocorre em disciplinas específicas como, Física Moderna, em que as diferentes teorias são abstratas e, por isso, não favorecem o uso recursos pedagógicos convencionais. Assim, diante das diversas possibilidades de tecnologias, a aplicação da RV no ensino de Física surge como uma alternativa que impacta em nesse cenário de evolução tecnológica (LAI JW; HAO K, 2022)

Um dos temas que desperta curiosidade durante a formação de professores de Física é a grande imersão tecnológica que os alunos vivenciam atualmente. Incorporar Tecnologias na prática docente pode ser um dos maiores desafios para um educador nas áreas de Ciências, especificamente da Física. No entanto, talvez seja o momento ideal para adotar novas abordagens de ensino, como o uso sistemático de ferramentas de Tecnologia Digital, que permitem um ensino mais dinâmico e ativo, tornando-o mais atrativo para os alunos, além de despertar a sua curiosidade em aprofundar em temas científicos. Um exemplo disso é a utilização de softwares de simulações, que podem auxiliar na compreensão de diversos fenômenos científicos (Da Costa; Fonfoca, 2017).

O uso de tecnologias digitais no campo educacional pode promover o desenvolvimento de novas maneiras de utilizar esses recursos para apoiar estratégias didáticas de ensino de conteúdo específicos. Segundo Ferreira et al. (2021) a incorporação de tecnologias na educação tornou-se um processo que vai muito além do simples uso de ferramentas tecnológicas. Por isso é imprescindível que os professores tenham um objetivo didático claro ao utilizá-las em sala de aula. Além disso, é importante realizar um plano composto por uma sequência didática para orientar os alunos na exploração dessas ferramentas, permitindo ao aluno abstrair e desenvolver; criar e consolidar o processo de aprendizagem.

A Realidade Virtual (RV), por exemplo, é uma tecnologia utilizada no meio científico, mas que ainda não foi totalmente explorada no ambiente educacional de forma eficaz. As peculiaridades dessas tecnologias, como a dificuldade de geração de conteúdo, têm dificultado

sua ampla adoção pelos professores. No entanto, ferramentas como RV podem auxiliar na compreensão dos fenômenos físicos, especialmente nos estudos da física quântica, que são teorias abstratas e de difícil compreensão por lidarem com conhecimentos subatômicos (JIUGEN et al. 2020).

A utilização da RV permite o desenvolvimento de práticas que podem ser de difícil acesso por diversos fatores, como falta de espaço, materiais e instrumentos, entre outros: Agora são facilitadas pela aproximação proporcionada pela prática virtual. Então, “É preciso produzir novos processos, ambientes e ferramentas de aprendizagem; expandir a descoberta além de qualquer coisa que este mundo já viu” (FRANÇA; SILVA, 2019, P.2).

Considerando essas questões, pouco se sabe sobre a utilização desses recursos tecnológicos utilizados para o ensino da Física Clássica, e ainda menos na Física Moderna. Assim, uma questão permanece: Quais são as pesquisas educacionais mais recentes que utilizam a simulação computacional, especificamente à RV, como ferramentas de ensino e aprendizagem na Física Clássica e Física Moderna? Para responder esta questão, este trabalho tem como objetivo levantar os trabalhos científicos mais recentes que utilizam a RV como estratégia de ensino para analisar criticamente seus objetivos, metodologia e resultados, a fim de contribuir para o ensino de Física Moderna e a formação de professores de Física. Primeiro, revisamos a literatura; em segundo lugar, apresentamos a metodologia; e, por fim, são apresentadas as análises críticas e discussão dos artigos selecionados.

## **2. Formação crítica e pedagógica de professores de ciências envolvendo educação tecnologia educacional**

Com o avanço da digitalização em escala global, é essencial refletir sobre o papel das instituições educativas e explorar os diversos recursos pedagógicos. Isso se deve à necessidade de alinhar métodos e estratégias de ensino aos tempos atuais, visando preparar indivíduos capazes de atuar de forma autônoma. A emergência com a pandemia ampliou ainda mais a reflexão sobre o sistema educacional, especialmente em relação à incorporação de recursos tecnológicos, ensino remoto e híbrido.

Esses ambientes educacionais proporcionam um grande desafio, chegando a um enorme avanço tecnológico; tornando o processo de aprendizagem ainda mais criativo e eficaz. No entanto, para sua implementação é necessário superação de alguns paradigmas, como o alto custo da aplicação, o despreparo dos profissionais (professores), a insuficiência de metodologias ativas e técnicas de uso das novas tecnologias. (AFONSO et al., 2020). Neste sentido, é importante incentivar o interesse dos professores em enfrentar as inovações tecnológicas e aderir a novos modelos de educação, onde as barreiras entre emissor/receptor ou professor/aluno sejam dissipadas.

A crescente expansão e diversificação do uso de tecnologias pelos alunos, tanto dentro como fora do ambiente escolar, juntamente com as oportunidades decorrentes de abordagens de ensino informal, estão impulsionando uma nova dinâmica em direção a um estilo de aprendizagem mais integrado. O diálogo e a promoção de um processo educativo mais

personalizado, aliado à crescente competência e familiaridade dos professores com as tecnologias atuais, poderão, ao longo do tempo, promover uma reavaliação das práticas pedagógicas por parte de muitos professores, à medida que consideram a incorporação dessas tecnologias em sua metodologia de ensino (FERREIRA, 2021).

Da mesma forma, a chamada teoria crítica da tecnologia defendida por Feenberg incorpora e compartilha características de teorias anteriores. “Concorda com o instrumentalismo de que a tecnologia é controlável em algum sentido e também concorda com o substantivismo de que a tecnologia é carregada de valores” (FEENBERG, 2010, p. 9). A perspectiva instrumentalista sugere a tecnologia como uma ferramenta nas mãos da humanidade, uma extensão da nossa capacidade de agir e alcançar objetivos. De acordo com essa visão, a tecnologia é considerada controlável e adaptável conforme as intenções humanas, sem carregar significados ou valores próprios intrínsecos.

Por outro lado, a abordagem substantivista argumenta que a tecnologia vai além de seu papel como mera ferramenta, trazendo consigo valores, influências culturais e impactos sociais. Essa visão enxerga a tecnologia como uma força ativa que não apenas serve os propósitos humanos, mas também molda a forma de viver e interagir, refletindo e reforçando valores culturais e ideológicos. Assim, a discussão entre estas duas perspectivas destaca a dualidade entre a visão da tecnologia como uma ferramenta neutra e controlável, e a visão da tecnologia como uma força complexa, entrelaçada com valores éticos, culturais, ideológicos e sociais.

Entretanto, a integração bem-sucedida de ambientes virtuais na educação requer um planejamento cuidadoso, junto com a formação adequada dos professores. Além disso, são necessários investimentos em equipamentos e conteúdo virtual de qualidade. Para garantir uma experiência educacional adequada a esses ambientes. Assim, esse tipo de tecnologia deve ser utilizado de forma complementar a outros métodos de ensino, permitindo aos alunos a assimilação dos benefícios da imersão e interação virtual, enquanto mantêm uma base sólida de estudo nos conteúdos tradicionais.

De acordo com Viera e Brazão (2022), atualmente, reconhece-se o potencial que a tecnologia digital e, mais especificamente, os ambientes virtuais e imersivos, têm para promover o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem dinâmicos, interativos, envolventes, adaptáveis, personalizáveis, contextualizáveis e desafiantes tanto para os professores, quanto para os estudantes. Tais ambientes possibilitam o uso de novas ferramentas, além de experiências que contribuem na aprendizagem. Também ajudam na aplicação dos conteúdos.

Da mesma maneira, o uso de tecnologias nos processos de ensino tem mostrado grande relevância para o avanço da educação, especialmente nas áreas das Ciências. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) permitem não apenas facilitar o acesso a conteúdo complexos, mas também tornam o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo. Segundo Almeida et al. (2023), as tecnologias oferecem melhorias significativas no ensino de conteúdos considerados abstratos e difíceis de visualizar, como fenômeno onda-partícula, relatividade e o efeito fotoelétrico. Até conteúdos de outras ciências como biologia celular e processos metabólicos, por exemplo. Quando aplicadas ao ensino de Física, essas tecnologias podem desempenhar um papel crucial, ajudando os alunos a compreenderem melhor conceitos

complexos, como os encontrados na Física Moderna, utilizando simulações, laboratórios virtuais e outras ferramentas interativas

Assim, utilizar a tecnologia como mediação pedagógica poderá proporcionar mudanças significativas na formação de professores à medida que as tecnologias e seus produtos sejam integrados como ferramentas pedagógicas. Após estudos e revisão de trabalhos relacionados à realidade virtual, a seguir será apresentada uma metodologia utilizada neste trabalho.

### 3. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida a partir das seguintes etapas: 1. Formulação da questão de pesquisa e definição dos descritores de busca 2. Pesquisa bibliográfica em bases de dados nacionais e internacionais; 3. Leitura dos títulos e resumos dos artigos para seleção segundo critérios de inclusão e exclusão; 4. Leitura integral dos estudos selecionados e mapeamento dos dados; 5. Análise crítica dos resultados; e 6. Apresentação dos resultados.

A pesquisa seguiu as etapas subsequentes: a busca iniciou-se pelo tema principal, e a busca por pesquisas publicadas referentes ao ensino de Física utilizando Realidade Virtual, tendo como foco principal o ensino de Física Quântica. Após, definimos as palavras-chave com um total de 06 combinações apresentadas a seguir: “virtual reality” AND “physics teaching” AND “virtual reality teaching” / “Virtual Reality” AND “Teaching” AND physic / “physics teaching” AND “virtual reality” / “Virtual Reality” AND “Educations” AND “physic” and “quantum physics” AND “virtual reality” / “Virtual Reality” AND physics OR “modern physics” AND Teaching OR Pedagogy.

Definidas as palavras-chave, foi realizada uma busca em 04 bases de dados, ou seja, Scopus, Science Direc, Web of Science e Scielo Org, foram escolhidas pelo maior índice de trabalhos publicados de alcance nacional e mundial. Posteriormente, os dados foram filtrados no Mendelay<sup>1</sup> para exclusão de artigos duplicados. É importante mencionar nessa etapa que os termos foram pesquisados nos títulos dos documentos, no período de março e julho de 2023.

A análise iniciou-se com a busca de artigos em relação às palavras-chave inseridas nas bases de dados, obtendo um resultado parcial de 398 no total de artigos, após uma primeira filtragem nas bases e considerando uma classificação em áreas afins semelhantes ao tema de pesquisas: Ensino de Física, Física e Astronomia, Informática, Ciências e ensino interdisciplinar. Os resultados da busca em cada base de dados citada acima são apresentados na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 Busca nas bases de dados e resultados.

	KEYWORDS COMBINATIONS	A SCOPUS	B SCIENCE DIREC	C WEB OF CIENCE	D SCIELO.OR	TOTAL
1	“virtual reality” AND “physics teaching” AND “virtual reality teaching”	Article 16 results	Article 6 results	Article 4 results	0 results	26

<sup>1</sup> <https://www.mendeley.com>

2	"Virtual Reality" AND "Teaching" AND physic	Article 4 results	Article 10 results	Article 31 results	0 results	<b>45</b>
3	"physics teaching" AND "virtual reality"	Article 28 results	Article 99 results	Article 7 results	0 results	<b>134</b>
4	"virtual reality" AND "educations" AND "physics"	Article: 36 results	Article 19 results	Article 31 results	0 results	<b>86</b>
5	"physics quantum" AND "virtual reality"	Article 1 results	0 results	Article 8 results	0 results	<b>9</b>
6	"Virtual Reality" AND physics OR "modern physics" AND Teaching OR Pedagogy	0 results	14 results	53 results	31 results	<b>98</b>
Total						<b>398</b>

Fonte: Autores, 2023

As combinações das palavras-chave foram pesquisadas em cada base citada anteriormente, obtendo-se um número de buscas não muito relevantes. Em seguida, o procedimento foi filtrar os trabalhos utilizando o software de gerenciamento de referências Mendeley, onde os 398 artigos foram exportados para o software e organizados por ano, iniciando em ordem decrescente a partir do ano atual da pesquisa 2023. Em seguida procedeu-se à exclusão dos artigos em duplicatas, sem título, ano ou autores. E excluiu-se também por tipo de pesquisa (conteúdo que não tenha relação com o objetivo da pesquisa). Posteriormente realizou-se uma leitura prévia dos títulos, resumos e palavras-chave para excluir os possíveis artigos mais distantes dos nossos objetivos de pesquisa. Alcançou-se os seguintes resultados na tabela 2:

Tabela 2 - Artigos filtrados pelo Mendeley

<b>Número inicial de artigos</b>	<b>398</b>
Artigos duplicados	180
Artigos não relacionados com as palavras-chaves	134
Total de artigos excluídos	314
<b>Número de artigos no portfólio</b>	<b>84</b>

Fonte: Autores, 2023.

Após as filtragens dos artigos, eles foram exportados no formato BibTeX<sup>1</sup> e salvos. Em seguida, os arquivos foram exportados para o software JabRef<sup>2</sup>, que é um gerenciador de referências bibliográficas extraídas das bases de dados utilizadas nesta pesquisa. A partir disso, foi construída uma planilha com os dados das publicações, totalizando 84 artigos. Concluída essa etapa, os dados coletados foram transpostos para uma planilha de apoio em Excel.

Na sequência, foi realizada a leitura completa dos 84 artigos selecionados em primeira instância, os quais foram submetidos à análise de referências. O conjunto final foi composto por quatro áreas de estudo, apresentadas na tabela 3:

Tabela 3 - Áreas de Pesquisa Selecionadas

ENSINO DE FÍSICA	12
FÍSICA E ASTRONOMIA	10
ENSINO DE CIÊNCIAS (MATEMÁTICA, QUÍMICA E BIOLOGIA)	44
INTERDISCIPLINAR	18

Fonte: Autores (2023).

Dentro da seleção de artigos, de 1996 a 2019, não há evidências significativas de pesquisas que relacionem à RV e o ensino de Física ou com qualquer uma das outras áreas da classificação apresentada anteriormente. No entanto, de 2020 até a conclusão deste estudo, o número de pesquisas sobre o tema tem sido significativamente maior. Uma razão para esse aumento em pesquisas pode estar relacionada aos processos emergenciais de ensino remoto, nos quais a educação enfrentou uma grande mudança nos processos de adaptação no que diz respeito aos modelos de ensino remoto devido à pandemia de COVID-19 que afetou o mundo inteiro e posteriormente o desenvolvimento do ensino híbrido, até o retorno ao presencial, levando consigo ferramentas incorporadas na realidade educacional (OLIVEIRA A, LUCAS T, IQUIAPAZA R. 2020).

Dos 12 artigos revisados e discutidos na área de Ensino de Física, aproximadamente 60% são voltados ao ensino de Física clássica, e os demais 40% dos artigos tratam de conteúdos no ensino de Física moderna, os quais foram selecionados e organizados na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4. Artigos selecionados sobre Ensino de Física Clássica e Física Moderna:

N.º	ARTIGO	ANO
1	Laboratórios virtuais para educação em ciência, tecnologia e engenharia: Uma revisão	2016
2	Ready student one: Explorando os preditores da aprendizagem dos alunos em realidade virtual	2020
3	Ciência incorporada e realidade mista: Como gesto e captura de movimento afetam o ensino de física	2017
4	Formação de habilidades de visualização para futuros professores de Física: Resultados do experimento pedagógico	2021

<sup>1</sup>BibTeX é um formato de arquivo baseado em texto plano que é utilizado para definir listas de elementos bibliográficos, como artigos, livros e teses.

<sup>2</sup><https://www.jabref.org/>

5	Oportunidades e desafios educacionais na realidade aumentada: Implementações no ensino de Física	2021
6	Alunos curiosos aprendem mais ciência em um ambiente de realidade virtual imersiva? Explorando o impacto de organizadores avançados e curiosidade epistêmica	2022
7	Design de um ambiente de programação em realidade virtual para computadores quânticos	2022
8	Uma experiência de aprendizagem baseada em investigação em Física com Realidade Virtual Imersiva: Percepções dos alunos e um efeito de interação entre ganhos conceituais e perfis atitudinais	2021
9	Design de experiências em realidade virtual – Expectativas para ensino e aprendizagem em VR	2021
10	Argumentação em um ambiente de realidade virtual: Uma abordagem com futuros professores de Física	2021
11	Simulação de realidade virtual (VR) de um exercício de laboratório de física nuclear	2020
12	Usando realidade virtual no ensino de eletrostática: O impacto do treinamento	2020

Fonte: Autores (2023).

A seguir é apresentada uma tabela mostrando o objetivo da pesquisa, resultados relevantes e uma análise crítica dos artigos selecionados.

## 4. Discussão das Descobertas

Nos últimos anos, o campo da educação tem testemunhado uma crescente incorporação de tecnologias, tais como realidade virtual (VR), especialmente no ensino de Física. Essas tecnologias oferecem novas maneiras de visualizar e interagir com conceitos científicos complexos, proporcionando experiências de aprendizado mais interativas e imersivas. Diversos estudos têm investigado a eficácia dessas ferramentas, examinando desde laboratórios virtuais até simulações imersivas, a fim de avaliar como elas podem melhorar a compreensão dos alunos e tornar o aprendizado mais envolvente.

A seguir, apresenta-se uma revisão bibliográfica que analisa títulos, objetivos, resultados e análise crítica desses artigos. Entram em destaque os principais avanços e desafios na aplicação dessas tecnologias no ensino de Física.

Tabela 5 - Títulos, objetivos, resultados e análise crítica dos artigos selecionados na área de ensino de Física, em especial Física Moderna.

Título	Objetivos	Resultados	Análise crítica
Laboratórios virtuais para educação em ciência, tecnologia e engenharia: uma revisão	O estado da arte em Laboratórios e mundos virtuais nas áreas de ciência, tecnologia e engenharia.	Pesquisa na área educacional, com ênfase em robótica.	A pesquisa enriquece a compreensão das complexas relações entre robótica, engenharia e física.

Ready student one: Explorando os preditores da aprendizagem dos alunos em realidade virtual	Vantagens da VR nos modos de aprendizagem para justificar sua implantação.	Este estudo sugere que a RV proporciona oportunidades de aprendizagem comparáveis a outras modalidades, além de melhorar significativamente as atitudes dos alunos.	O uso da RV tem um impacto positivo na aprendizagem, mas requer um planejamento crítico das aulas.
Ciência incorporada e realidade mista: como a captura de gestos e movimentos afeta a educação	Este estudo avalia quais variáveis previram ganhos de aprendizagem após uma aula de uma hora no campo elétrico por meio de design misto.	Os grupos baseados em gestos ativos tiveram pontuação consideravelmente maior na avaliação de conhecimento utilizando o tablet Wacom com gestos.	É importante atentar para as características dos participantes, a metodologia de ensino utilizada e o acesso aos materiais na utilização das estratégias de ensino propostas pelos artigos.
Formação de Habilidades de Visualização do Futuro Professor de Física: Resultados da Experiência Pedagógica	Este estudo descreve os resultados da experiência pedagógica na formação de habilidades de visualização de futuros professores de física.	A análise de softwares de apoio ao ensino de física permite dividi-lo em três classes: laboratórios virtuais e digitais de física, softwares matemáticos e de simulação.	Considerando os resultados deste experimento, é importante saber se os laboratórios virtuais oferecem uma representação precisa dos fenômenos físicos.
Oportunidades e desafios educacionais em realidade aumentada: apresentando implementações no ensino de física	Este estudo fornece a conceituação e desenvolvimento de realidade aumentada (AR)	Esta revisão discute os avanços na RA como uma ferramenta importante no ensino de física, também identifica desafios potenciais e prevê o futuro pesquisando tendências e avaliações recentes em AR.	Analisa como a RA está sendo aplicada para melhorar o ensino e a compreensão de conceitos físicos.
Os alunos curiosos aprendem mais ciências em um ambiente imersivo de realidade virtual?	Este estudo apresenta o ambiente virtual imersivo para implementações em sala de aula de ensino de física.	As evidências empíricas neste estudo apoiam a ideia de que um nível mais elevado de presença percebida na RV imersiva pode prejudicar os resultados de aprendizagem dos alunos.	Para este estudo, sugere-se a revisão da metodologia de avaliação considerando os aspectos relevantes sobre a aprendizagem por meio do uso da RV imersiva.
Projetando um ambiente de programação de realidade virtual para computadores quânticos	Desenvolvimento de uma plataforma de ensino de programação de computadores baseada em realidade virtual (VR) utilizando Unity 3D.	Os resultados sugerem que o estudo multidisciplinar utilizando uma nova ferramenta QU-VR foi significativo. Além disso, está aplicação possibilitou o desenvolvimento de três ambientes VR com Unity.	Para este estudo, sugere-se a revisão da metodologia de avaliação considerando os aspectos relevantes sobre a aprendizagem em relação à aplicação da RV.
Uma experiência de aprendizagem em física baseada em investigação com realidade virtual imersiva: percepções dos alunos e um efeito de interação entre ganhos conceituais e perfis atitudinais.	Investigar o efeito potencial da integração de uma simulação imersiva de VR nas aulas de física.	Nesta análise, diretrizes para professores são informadas sobre como integrar a tecnologia para melhorar a aprendizagem.	Para este estudo, sugere-se que os educadores encontrem a diversidade potencial de atitudes dos alunos em relação ao aprendizado de Física durante a integração de  Simulações imersivas de VR na sala de aula.

Projetando experiências de RV – Expectativas para ensino e aprendizagem em RV	Facilitar a difícil tarefa de projetar plataformas educacionais de RV, descrevendo as expectativas de educadores e alunos.	Os resultados mostram que o Maroon VR como plataforma apresenta grande potencial para o ensino de Física, tanto para professores quanto para alunos.	Sugere-se que é importante fazer uma avaliação para avaliar se a plataforma Maroon VR tem auxiliado professores e alunos na compreensão dos conceitos de Física.
Argumentação em ambiente de realidade virtual: uma abordagem com futuros professores de Física	Investigar a promoção da argumentação em ambiente de realidade virtual com tema de lançamento oblíquo.	Os resultados mostram que são fornecidas orientações aos professores sobre como integrar a tecnologia para melhorar a aprendizagem.	Sugere-se uma reflexão sobre se as práticas de simulação em RV contribuem para a atual demanda da sociedade.
Simulação de realidade virtual (VR) de um exercício de laboratório de física nuclear	Descrever um experimento sobre a determinação da massa de deutério utilizando tecnologia VR.	Os resultados mostram que cada um dos laboratórios virtuais ofereceu um conjunto de dados experimentais que os alunos podem utilizar com RV em outras instituições.	É sugerido investigar como os dados experimentais oferecidos neste estudo são compartilhados com alunos de diferentes instituições de ensino antes de usá-los em RV
Usando realidade virtual no ensino de eletrostática: O impacto do treinamento	Considerar atividades de treinamento em RV para melhorar a capacidade dos alunos de aprender efetivamente sobre eletrostática	Os resultados mostram que o ensino de RV superou significativamente os alunos que receberam instrução equivalente por meio de vídeos ou imagens estáticas.	É sugerido que o nível de interação que a RV proporciona em comparação com vídeos ou imagens estáticas deve ser investigado.

Fonte: Autores (2023).

A seguir, apresenta-se uma análise crítica dos artigos selecionados acima e seus principais aspectos, ou seja, objetivos e resultados.

Segundo o estudo de revisão, o trabalho mais relevante dentro desta pesquisa é o trabalho intitulado; “Laboratórios virtuais para ensino de ciência, tecnologia e engenharia: uma revisão”. Potkonjak V et al., (2016), realizam um estudo na área de ensino de Ciências relacionadas à Física, Tecnologia e Engenharia, com foco na imersão da tecnologia particularmente na educação a distância. A maioria dessas áreas exige exercícios de laboratório para fornecer habilidades eficazes e experiência prática. Eles apresentam um estudo sobre tecnologias emergentes que podem contribuir resolver algumas dificuldades nesta área, que incluem: computação gráfica, realidade aumentada, computação de dinâmicas e mundos virtuais. Este trabalho proporcionou conhecimento sobre diversas ferramentas de imersão em tecnologia virtual. Elas podem ser adaptadas dependendo das necessidades do professor no contexto dos processos de ensino.

No trabalho de Madden J. et al., (2020) apresentam a investigação, “Ready student one: Explorando os preditores da aprendizagem dos alunos em realidade virtual” que visa testar o impacto entre três tecnologias instrucionais diferentes, ou seja, uma atividade prática, uma simulação de desktop (notebook) e uma simulação de realidade virtual, comparando os processos de aprendizagem dos alunos. O foco do conteúdo foi o ensino de astronomia, sendo o objetivo geral visava recriar um sistema Sol-Terra-Lua, cada participante poderia controlar variáveis de tempo para observar mudanças na fase da Lua e nas posições do Sol e da Terra. Um dos resultados mais relevantes foi que 78% dos participantes do projeto preferiram a condição

VR. Ao descrever seus motivos utilizaram frases como: “A condição VR era “mais fácil de visualizar”, “mais realista”, “mais imersivo”, “mais divertido”, “mais interessante” e “o mais preciso”. Os participantes que preferiram a RV geralmente disseram que ver a imagem completa de forma realista os ajudou a aprender.

Esses resultados mostram a eficiência do uso da RV nos processos de ensino e aprendizagem. Segundo De Souza, et al, (2022) a RV tem como princípio a interação e imersão do usuário, o que proporciona aos alunos acesso virtual a um ambiente que de outra forma seria inacessível. Contudo, é necessário desenvolver uma estratégia de aprendizagem voltada para esta metodologia de ensino específica, para que os alunos possam tirar proveito dela, pois a RV pode se tornar um excelente recurso pedagógico.

No próximo trabalho intitulado “Ciência incorporada e realidade mista: como a captura de gestos e movimentos afetam a educação em física” Johnson-Glenberg M e Megowan-Romanowicz C (2017). Os autores fizeram um design misturando texto e multimídia (jogo e simulador virtual) semelhante a um jogo, para ensinar o conteúdo de ‘campo elétrico’. Um dos objetivos foi criar conteúdo ideal; e o objetivo da avaliação foi explorar um formato de teste que seja sensível ao ensino de conceitos abstratos relacionados ao campo elétrico. Os autores classificaram a estratégia em quatro condições: símbolos e texto; baixo corporificado; altamente incorporado/ativo; ou altamente incorporado-ativo com narrativa, sendo os dois últimos mais interativos com gestos corporais através do sensor Kinect.

O resultado mais significativo encontrado nesse trabalho está na imersão virtual e aplicações mais incorporadas, onde obteve maiores ganhos de aprendizagem para as condições mais incorporadas. A imersão na virtualidade nos processos de aprendizagem em Física, apresentada neste trabalho sobre o campo elétrico, mostra a importância das estratégias utilizadas pelas tecnologias que permitem a exibição interativa e virtual de conteúdo. Isso pode ser, muitas vezes, difícil de demonstrar em laboratórios reais.

Os autores Semenikhina. O et al., (2021): “Formação de Habilidades de Visualização do Futuro Professor de Física: Resultados da Experiência Pedagógica”. Os autores fazem uma análise interessante em relação aos professores de ciências e como suas habilidades na construção didática estão sendo utilizadas para explicar conceitos abstratos em ciências, a lógica dos processos e a explicação dos fenômenos naturais. Um dos objetivos da pesquisa é descrever um experimento pedagógico sobre o desenvolvimento de habilidades de visualização de futuros professores de física, que são influenciados por materiais didáticos.

Ao mesmo tempo, para modelagem imitativa, são utilizados sistemas de computação gráfica (Adobe Photoshop, CorelDraw, 3D Max, etc.), bem como ambientes de animação (Adobe Flash, Adobe After Effect, Cinema 4D e outros) para criar simulações. Um dos resultados importantes é que no processo educacional há necessidade de formação avançada de professores, principalmente de física em relação ao desenvolvimento de software (laboratórios físicos virtuais e digitais), software de modelagem (matemática e simulação), software de uso geral (software de escritório programas, objetos Smart-Art e animação).

Portanto, é importante formular políticas que envolvam os educadores no processo de desenvolvimento de recursos didáticos por meio da tecnologia. Uma alternativa para o

desenvolvimento de políticas pode ser por meio de aplicativos gratuitos aliados a práticas de ensino bem planejadas e bem executadas, possibilitando explorar o potencial que as ferramentas tecnológicas têm a oferecer às instituições de ensino, na promoção de aulas mais dinâmicas, atrativas e participativas ligadas ao tecnologias que envolvem a sociedade hoje.

No artigo “Oportunidades e desafios educacionais em realidade aumentada: apresentando implementações no ensino de física”. Lai JW; Hao C Kang (2022), desenvolve-se uma pesquisa com o objetivo de realizar e proporcionar a conceituação e desenvolvimento de um ambiente de realidade aumentada (AR) no ensino de física. A tecnologia RA é altamente versátil, pois pode ser usada em diferentes tipos de salas de aula: físicas ou virtuais, ministradas por instrutores ou autodidatas, síncronas ou assíncronas, em equipe ou individuais. Esta revisão também apresenta diversas ferramentas que os educadores podem usar. Como por exemplo o kit básico para iniciantes como ferramenta introdutória.

Nesse sentido, Lee S; HsuY; Cheng K (2022), no trabalho “Os alunos curiosos aprendem mais ciências em um ambiente imersivo de realidade virtual? Explorar o impacto dos organizadores avançados e da curiosidade epistêmica” visa examinar o efeito do uso de mapas conceituais, uma ferramenta organizacional avançada, na aprendizagem científica dos alunos por meio de Realidade Virtual Imersiva (RVI). Os autores usaram um aplicativo de RV “Find the ROOT”, desenvolvido por Cheng et al., (2019). O material de aprendizagem RVI foi projetado para alunos do ensino fundamental aprenderem conceitos relacionados aos estados físicos da matéria nos plasmas e foi exibido em fones de ouvido Samsung Gear VR. Embora o sistema RVI utilizado no presente estudo tenha sido testado quanto à usabilidade e tenha relatado uma boa experiência de fluxo do usuário e um alto nível de utilidade, isso não levou necessariamente a melhores resultados de aprendizagem cognitiva.

Os resultados mostraram que os alunos obtiveram pontuações significativamente maiores em conceitos relacionados aos estados físicos da matéria após a realização do experimento com RVI. Os autores também apresentaram o uso de estratégias ativas de aprendizagem que previram positivamente o envolvimento de habilidades cognitivas nos alunos.

Igualmente no trabalho “Projetando um ambiente de programação de realidade virtual para computadores quânticos” de Hakan H; AIDS; Erdal H (2021), apresentam uma abordagem multidisciplinar que incorpora diferentes disciplinas ao design de materiais de RV. Sendo aborda os fundamentos da computação quântica e da programação de scripts na plataforma de design Unity 3D para projetar uma plataforma educacional baseada em VR para ensinar iniciantes em programação de computadores quânticos. Pode ser possível que num futuro próximo as universidades adaptem os seus currículos para cursos mais baseados em tecnologia de computação quântica.

Nessa pesquisa, o desenvolvimento de conteúdos de física moderna em geral nas aplicações de computadores quânticos pode contribuir para incorporar a RV aos futuros processos de ensino, uma vez que conteúdos abstratos não visualizados no mundo real podem ser recriados na imersão da virtualidade.

No trabalho de Tsvitanido O; Georgiou; Loannou A, (2021) intitulado “Uma Experiência de Aprendizagem de Física Investigativa com Realidade Virtual Imersiva: Percepções dos Alunos e Efeito de Interação entre Ganhos Conceituais e Perfis de Atitudinais” visa realizar uma intervenção baseada em pesquisa de 90 minutos com tecnologia aprimorada sobre o tema de Teoria da Relatividade Especial em um curso de Física, utilizando um design de experiência de aprendizagem estruturado em torno de uma simulação imersiva de RV.

Um dos resultados mais relevantes deste trabalho indicou uma interação significativa entre ganhos de aprendizagem conceitual nos alunos e mudanças de atitude nos professores. Tais características positivas no uso da RV poderão ser consideradas em pesquisas futuras, que envolvam o desenvolvimento de recursos educacionais que possibilitem algumas aplicações como laboratórios virtuais; aulas remotas com professores e alunos; participação em eventos virtuais, consulta a bibliotecas virtuais, simulações, entre outros. (TORI; KIRNER; CISCOUTO, 2006).

O trabalho de Ferreira, C et al., (2021) “Argumentação em ambiente de realidade virtual: uma abordagem com futuros professores de Física” tem como objetivo investigar a promoção da argumentação em ambiente de realidade virtual com a temática do lançamento oblíquo de um objeto com uma questão problemática a ser respondida. Essa questão era a seguinte: Existem dois objetos no ambiente de simulação, A e B. Ao lançar para atingi-los, qual dos alvos é atingido no menor tempo de voo? Para este produto, eles utilizaram a plataforma Sandbox. A plataforma é um ambiente isolado onde os desenvolvedores testam e experimentam software com segurança sem afetar os sistemas de produção, comumente usados para desenvolvimento e análise de segurança. A pesquisa foi aplicada a um grupo de 14 egressos de cursos de ciências exatas de uma universidade pública brasileira na disciplina de Desenvolvimento de Material Didático.

Os resultados mostraram que as práticas argumentativas articuladas às simulações baseadas em RV contribuem para a crescente demanda da sociedade pela integração das tecnologias digitais de informação e comunicação no contexto educacional. Considerando seu potencial para fomentar a argumentação, recomendam que ações como as desenvolvidas neste trabalho sejam realizadas nas instâncias apropriadas dos cursos de licenciatura em Física, a fim de preparar o futuro professor de Física para o processo de aprendizagem imersiva em um ambiente perspectiva argumentativa.

No artigo “Simulação de realidade virtual (RV) de um exercício no laboratório de física nuclear” Šiđanin, P; Plavšić, J; Krmar M (2020), os autores realizaram uma pesquisa com o objetivo de descrever alguns dos benefícios do uso da RV no ensino de física em nível universitário. Foi projetado um experimento de RV que inclui todas as etapas do processo de medição física em relação ao laboratório de espectroscopia gama de baixo fundo. Após a experiência, os alunos receberam dados experimentais pré-elaborados (espectro gama) dos quais extraíram um resultado específico (neste caso, a massa do deutério) e, conseqüentemente, validaram alguns dos conhecimentos adquiridos em sala de aula.

O resultado mais importante encontrado nesta pesquisa é que poucas universidades possuem equipamentos adequados para cobrir amplamente a área de Física nuclear, especialmente para cursos avançados ou mestrados. Esta é uma desvantagem na utilização de recursos de VR porque o equipamento não é de baixo custo para consumo em massa pelas instituições. Contudo, podem ser criados projetos educacionais que motivem os pesquisadores no desenvolvimento e aplicações deste recurso tecnológico no sistema educacional.

Por fim, Porter, C. et al., (2020) desenvolveram uma pesquisa denominada “Usando realidade virtual no ensino de eletrostática: O impacto do treinamento”, que visa desenvolver atividades em realidade virtual sobre eletrostática por meio de RV Game, permitindo aos alunos a capacidade de melhorar para que possam aprender de forma eficaz com as instruções do jogo, concentrando-se no conteúdo de eletrostática. Os sujeitos deste trabalho foram alunos do segundo semestre de um curso introdutório à física baseado em cálculo.

Um dos resultados mais relevantes deste trabalho é que o videogame prolongado proporciona uma espécie de “treinamento” que permite ao aluno aprender com mais conforto no ambiente virtual, onde a RV pode ser uma atividade de treinamento que não está relacionada à eletrostática, mas que pode ajudar a preparar os alunos para aprender conteúdo de eletrostática. Dessa forma, o uso da RV pode se tornar muito significativo, pois pode melhorar o desempenho dos alunos independentemente da escolha do conteúdo.

## 5. Considerações Finais

Ao responder à pergunta: Quais são as pesquisas educacionais mais recentes que utilizam a simulação computacional, especificamente à RV, como ferramenta de ensino e aprendizagem em Física Clássica e Moderna? Pode-se afirmar que:

A pesquisa identificou inicialmente 84 artigos de diversas áreas do conhecimento que exploravam o uso da tecnologia no ensino de Física. No entanto, apenas 12 desses artigos foram revisados e discutidos neste estudo. Desses 12 artigos, 60% deles são voltados ao ensino de Física Clássica, e os demais 40% dos artigos tratam de conteúdos no ensino de Física Moderna, destacando que os dados foram levantados até 2023.

As análises críticas das pesquisas apontam para a existência de pesquisas utilizando a tecnologia RV na simulação de diferentes conteúdos no processo de ensino de Física. Além disso, mostra também que o avanço no uso dessa tecnologia foi impulsionado pelas necessidades que surgiram durante a pandemia da COVID-19, especialmente no ensino remoto. Muitas das pesquisas analisadas implementaram tecnologia educacional, com aplicações que abrangem desde o ensino primário até o ensino superior, demonstrando diversos usos da RV no ensino de Física. No entanto, continua a existir uma lacuna na investigação relativa a tais processos educativos no ensino superior, particularmente no domínio da física quântica.

Apesar do considerável avanço nas aplicações da realidade virtual, é evidente que as pesquisas envolvendo o uso da RV para fins educacionais ainda são relativamente limitadas. Ela é altamente interdisciplinar e complexa, as soluções tecnológicas desenvolvidas para atender às demandas educacionais, geralmente por pesquisadores das áreas de tecnologia e computação,

enfrentam desafios adicionais. Além das questões tecnológicas, há também desafios pedagógicos, de engenharia, ergonomia, design, avaliação e desenvolvimento de conteúdo. Quando aplicada à Educação, esses desafios tornam-se exponencialmente maiores. No entanto, o uso da RV como ferramenta didática pode contribuir significativamente para a aprendizagem.

Em resumo, a presente investigação sublinha os desafios substanciais associados à adoção destas inovações tecnológicas. Para garantir a integração bem-sucedida da RV na educação, é essencial que as instituições de ensino disponham de profissionais melhor capacitados para desenvolver softwares utilizando RV. Além disso, professores dedicados e interessados, quando devidamente treinados nessa metodologia inovadora, tornam-se fundamentais. Para garantir a integração bem-sucedida da RV na educação, é imperativo fazer investimentos em tecnologia e proporcionar oportunidades de desenvolvimento profissional para cientistas da computação que possam facilitar a formação de professores em diversos domínios educacionais.

## 6. Referências

AFONSO, G. B.; MARTINS, C. C.; KATERBERG, L. P.; BECKER, T. M.; SANTOS, V. C. dos; AFONSO, Y. B. Potencialidades e fragilidades da realidade virtual imersiva na educação. **Revista Intersaberes**, [S. l.], v. 15, n. 34, 2020.

DA COSTA, C.; FOFONCA, M. A. Mediação tecnológica e a aprendizagem em AVA: relevâncias comunicativas no contexto da educação on-line. In: **EDUCERE – XIII Congresso Nacional de Educação**, Curitiba, PUCPR, 28 a 31 de agosto de 2017. Anais... Curitiba: PUCPR, 2017. Disponível em: [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24849\\_12161.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24849_12161.pdf). Acesso em: 24 jun. 2022.

DE ALMEIDA, L. M.; DE OLIVEIRA TORRES, C. I.; DE MELO SEIXAS, N. R.; BEZERRA DOS SANTOS, D.; DIAS DA SILVA, C. D. A importância das tecnologias da informação e comunicação no processo de ensino e aprendizagem em ciências. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 13, n. 2, p. 54-71, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v13i2.638>.

FEENBERG, A. **Between reason and experience: Essays in technology and modernity**. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

FERREIRA, C.; BAFFA, L. A.; ALVES DA CRUZ, A. J.; PAZA, A. H.; BOTERO, E. R.; MATOS ROCHA, E. Argumentação em ambiente de realidade virtual: uma aproximação com futuros professores de física. **RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distância**, v. 24, n. 1, p. 179-195, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.27511>.

FRANÇA, C. R.; SILVA, T. da. A utilização da Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Ciências no Brasil. In: **XI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2019. Anais... Florianópolis: ABRAPEC, 2019. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1209-1.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

GARCÍA, C. L.; ORTEGA, C. A.; ZEDNIK, H. Realidade Virtual e Aumentada: estratégias de metodologias ativas nas aulas sobre meio ambiente. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, v. 20, n. 1, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. C. **The art of educating with V diagrams**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

JIUGEN, J.; RUONAN. Pesquisa de design de experimento virtual baseado em tecnologia de realidade virtual. In: **2020 15th International Conference on Computer Science and Education (ICCSE)**, Delft, Holanda, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICCSE49874.2020.9201890>.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. In: **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis: SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2007.

LEE, S. W. Y.; HSU, Y. T.; CHENG, K. H. Do curious students learn more science in an immersive virtual reality environment? Exploring the impact of advance organizers and epistemic curiosity. **Computers & Education**, v. 182, p. 104456, 2022.

MARTINS, V. F.; VANZELLA, M. D.; GUIMARÃES, M. P. Aplicação para o apoio de ensino de geometria baseada em realidade aumentada. In: **Congresso Brasileiro de Recursos Digitais na Educação**, 2012, São Paulo. Anais... São Paulo: Congresso Brasileiro de Recursos Digitais na Educação, 2012.

OLIVEIRA, A.; LUCAS, T.; IQUIAPAZA, R. O que a pandemia da COVID-19 tem nos ensinado sobre adoção de medidas de precaução? **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 29, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2020-0106>.

SANTOS, G.; RESENDE, M. M. O desafio metodológico no uso de novas tecnologias: um estudo em uma revista de tecnologias na educação. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 6, n. 10, p. 23, 2014.

VIEIRA, L. M. S.; BRAZÃO, J. P. G. Learning environments: from real to immersive. **Journal of Research and Knowledge Spreading**, v. 3, n. 1, p. e13486, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20952/jrks3113486>.