

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

Utilização de Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Física

João Pedro Amaro Silva Vieira Alves

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

Rio Claro (SP)

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

JOÃO PEDRO AMARO SILVA VIEIRA ALVES

UTILIZAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NO
ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Licenciado em Física.

Rio Claro - SP
2023

A474u

Alves, João Pedro Amaro Silva Vieira

Utilização de realidade virtual e aumentada no ensino de Física /
João Pedro Amaro Silva Vieira Alves. -- Rio Claro, 2023
55 f. : fotos

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e
Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Realidade Virtual. 2. Realidade Aumentada. 3. Ensino de Física.
4. Instrumentação de Ensino. 5. Laboratório Didático. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

JOÃO PEDRO AMARO SILVA VIEIRA ALVES

UTILIZAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

Prof.^a Dra. Maria Antônia Ramos de Azevedo

Prof.^a Dr. Giovani Fornereto Gozzi

Rio Claro, 17 de novembro de 2023.

Assinatura do aluno

Assinatura do orientador

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às pessoas que me acompanharam e me apoiaram nessa trajetória, o que foi essencial para a produção deste trabalho e para a conclusão da minha graduação.

Primeiramente, agradecer à minha família, minha mãe Jurema, meu pai Carlos Renato e minha irmã Livia, por todo apoio, amor, incentivo e investimento, estando presentes até nos momentos difíceis, principalmente durante a pandemia da Covid-19, para não me fazer desistir em nenhum momento.

Todos os amigos criados nessa jornada, e que jamais esquecerei, a partir daqueles que me acompanharam desde o início, como o Pelúcia, Polyana, Nemo, Engoma, Thayarak, Lourenço, Franca, Irmão. Até aqueles que conheci posteriormente e me fizeram perceber que consegui deixar um pouco de mim na história do curso. Infelizmente não haverá espaço para nomear a todos.

Agradecer ao professor Eugenio que me orientou na produção deste trabalho e assumiu um papel de mentor na minha recente carreira na área do Ensino de Física, e, também aos demais professores da licenciatura, que compartilharam seus conhecimentos para que fosse possível me desenvolver como um professor. Especialmente a professora Maria Antônia e o professor Giovani, pelas experiências tão positivas em suas aulas e por terem aceitado compor a banca da defesa deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer ao Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID), por oferecer o espaço e a oportunidade para discussões e desenvolvimento da pesquisa. Agradeço também ao projeto Show de Física e toda sua equipe, por me proporcionar, semanalmente, a alegria de estar cursando Física, e me fez ter certeza de seguir o caminho para me tornar professor.

RESUMO

Neste estudo, investigamos as potencialidades das tecnologias de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) como recursos pedagógicos no Ensino de Física, direcionado ao Ensino Médio da Educação Básica. A pesquisa realizou a exploração de programas e plataformas acessíveis para a produção e armazenamento de elementos tridimensionais. Para a criação de modelos, estruturas virtuais 3D e geração de imagens em 360° do ambiente virtual, bem como modelos de Realidade Aumentada, foi empregado o software de código aberto e gratuito, Blender. Para o armazenamento e compartilhamento dos ambientes virtuais, recorreu-se à versão gratuita da plataforma “Meu Passeio Virtual”, a qual permite a elaboração de passeios virtuais interativos e a conversão de imagens 360° em formatos estereoscópicos, ampliando a imersão quando utilizadas em conjunto com óculos apropriados de Realidade Virtual. O outro site utilizado foi o “My Web AR”, que possui diversas funcionalidades de Realidade Aumentada disponíveis em sua versão gratuita, e depois de colocar os modelos em projetos dentro do site, são gerados QR codes que assim que escaneados colocam o objeto 3D sobreposto no mundo físico. Considerando a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, tais tecnologias podem se constituir como facilitadores da conexão do conhecimento preexistente no indivíduo com o novo conhecimento a ser aprendido, e sendo usadas como instrumentos de ensino em um laboratório baseado em problemas. O trabalho descreve a produção de uma situação didática com tais recursos para o ensino de Mecânica, construindo assim um plano de aula focado para o primeiro ano do ensino médio, atendendo aos principais requisitos do currículo nacional vigente. O trabalho apresenta detalhes do processo e uma sequência didática na forma de um laboratório investigativo, aprofundando o tópico de Física Forense. Os recursos de RV e RA mostraram-se plausíveis para as atividades de ensino e acessíveis, constituindo-se em possibilidade de instrumentos didáticos para o Ensino de Física na Educação Básica.

Palavras-Chave: Realidade Virtual. Realidade Aumentada. Ensino de Física. Instrumento de Ensino. Laboratório Didático. Blender.

ABSTRACT

In this study, we investigated the potential of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies as pedagogical resources in Physics Education, aimed at high school students in Basic Education. The research involved exploring accessible programs and platforms for the production and storage of three-dimensional elements. The open-source and free software Blender was employed to create 3D virtual models, structures, and 360-degree images of the virtual environment, as well as models for Augmented Reality. To store and share virtual environments, we utilized the free version of the platform "Meu Passeio Virtual," which allows the creation of interactive virtual tours and conversion of 360-degree images into stereoscopic formats, enhancing immersion when used in conjunction with appropriate Virtual Reality goggles. The other site used was "My Web AR," which offers various Augmented Reality functionalities in its free version. After placing the models in projects on the site, QR codes are generated that, when scanned, overlay the 3D object onto the physical world. Considering David Ausubel's theory of meaningful learning, these technologies may serve as facilitators in connecting preexisting knowledge with new learning, functioning as teaching instruments in a problem-based laboratory. The paper describes the development of a didactic situation using these resources for Mechanics education, thereby constructing a lesson plan tailored to the first year of high school, meeting the main requirements of the current national curriculum. The paper provides details of the process and a didactic sequence in the form of an investigative laboratory, delving into the topic of Forensic Physics. VR and AR resources proved feasible and accessible for teaching activities, representing potential teaching tools for Physics Education in Basic Education.

Key-Words: Virtual Reality. Augmented Reality. Physics Teaching. Teaching Instruments. Didactic Laboratory. Blender.

Lista de Figuras

Figura 1 – Representação do uso de óculos de Realidade Virtual.	9
Figura 2 - Representação de um cliente observando o ambiente virtual.	10
Figura 3 – Representação de um ambiente imersivo.	12
Figura 4 – Recursos adicionais nos óculos de RV permitem controle por movimentos.	13
Figura 5 - Fisiologia do olho humano permite perceber a 3ª dimensão, por meio da visão estereoscópica. A composição de imagens ligeiramente diferentes, quando sobrepostas, representam a profundidade.	14
Figura 6 – Esquema do processo de visão.	15
Figura 7 - Experimento visão estereoscópica.	15
Figura 8 - Realidade Aumentada sobreposta no mundo físico.	16
Figura 9 – Simulação do comportamento de moléculas de água.	18
Figura 10 – Triângulo de competências.	19
Figura 11 – Imagem do programa em que diversos controles permitem posicionar objetos, sua localização, textura de cores e outros aspectos para criar o ambiente virtual.	23
Figura 12 – BlenderKit, objetos pré-programados que podem ser utilizados no ambiente virtual.	23
Figura 13 - Cenário de acidente desenvolvido no Blender.	24
Figura 14 – Imagem de uma personagem indicando as informações complementares.	25
Figura 15 - Evidências com informações complementares podem ser introduzidas, aparecendo para o usuário.	25
Figura 16 - Renderização da imagem 360°.	26
Figura 17 – Personagem ajudante 3D para RA.	27
Figura 18 – Imagem da Plataforma Meu Passeio Virtual.	28
Figura 19 – Imagem da montagem do tour virtual com as imagens do aplicativo Blender.	28
Figura 20 – QR code do ambiente virtual em RV.	29
Figura 21 – Reprodução da tela quando tour virtual estava pronto.	29
Figura 22 – Imagem estereoscópica para uso dos óculos de RV.	30
Figura 23 – Imagem da área de projetos do site My Web AR.	31
Figura 24 - Edição do projeto, reprodução da Imagem tirada do site mywebar.com.	31
Figura 25 – QR codes do personagem cientista em RA.	32
Figura 26 – Personagem em RA.	32
Figura 27 – Imagem dos óculos Meta Quest 3 em https://www.uploadvr.com/quest-3-hands-on-impressions/	33
Figura 28 – Reprodução da página dos óculos de RV à venda, indicado na aba “Shopping” da Google.	34
Figura 29 – Imagem dos óculos de RV de papelão reproduzido de https://arvr.google.com/cardboard/	35
Figura 30 – Imagem das instruções da Google para construção do suporte de celular para reproduzir os óculos RV obtido em https://arvr.google.com/cardboard/	35
Figura 31 - Confecção dos visores dos óculos de RV	40
Figura 32 - Construção da estrutura do suporte do celular.	40
Figura 33 - Construção da parte superior da estrutura dos óculos	41
Figura 34 - Moldes para confecção das lentes	42
Figura 35 - Lentes polidas e posicionadas no visor dos óculos.	42
Figura 36- Óculos pronto e em uso	43

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS E FOCOS DE ESTUDO	11
3	Realidade virtual, realidade aumentada e aprendizagem.....	12
3.1	Realidade Virtual	12
3.1.1	Estereoscopia	14
3.2	Realidade Aumentada.....	16
3.3	Teoria de Aprendizagem de Ausubel	17
4	RV e RA para o ensino de física	18
4.1	Teoria pedagógica	18
4.2	Competências da BNCC	19
4.3	Laboratórios Didáticos de Física	20
4.4	Pensando em uma Sequência Didática com RV	22
4.4.1	Blender	22
4.4.2	Meu Passeio Virtual.....	27
4.4.3	MyWebAR	30
4.4.4	Óculos de RV	33
5	Resultados.....	37
6	Considerações finais.....	44
7	REFERÊNCIAS.....	46
8	Apêndice.....	48

1 INTRODUÇÃO

A popularização do acesso à internet disponível até mesmo nos telefones pessoais do tipo smartphones ofereceu novas formas de interação, permitindo vastos recursos online (consulta a bancos de dados, sites, bibliotecas eletrônicas), comunicação instantânea (aplicativos como WhatsApp ou telegrama) e colaboração global (compartilhamento da redação de textos ou videochamadas).

Esse contexto de intensificação da comunicação digital traz também desafios significativos aos professores, como: a necessidade de lidar com a sobrecarga de informações. Além disso, estudantes agora têm acesso mais rápido a uma quantidade sem precedentes de informações, o que de um lado é bastante saudável para as atividades de ensino, mas que pode tornar difícil separar conteúdo confiável de desinformação. O uso de equipamentos no ambiente de ensino pode ainda gerar outro desafio que é a distração online, que pode prejudicar a concentração dos alunos (LIMA; LIMA, 2023).

Dentre as tecnologias, nosso interesse neste projeto são aquelas denominadas de realidade virtual, que cria um ambiente inteiramente virtual no qual você é inserido, ou realidade aumentada, em que imagens reais são sobrepostas por simulações computadorizadas.

A realidade virtual (RV) e aumentada (RA) estão abrindo novas dimensões na educação, oferecendo oportunidades emocionantes para explorar conceitos de maneira imersiva (Figura 1).

Figura 1 – Representação do uso de óculos de Realidade Virtual.



Fonte: Imagem de creativeart do banco de imagens FreePik
<https://ebaonline.com.br/blog/realidade-virtual-seo>

Muitas áreas de formação e treinamento já utilizam esse tipo de tecnologia para aprimorar a formação de especialistas, como na engenharia, arquitetura e medicina.

Engenheiros de plataformas de petróleo realizam treinamento em realidade virtual para aprender a operar drones aquáticos de manutenção, sem ter a necessidade de colocar o drone, que é um aparelho caro, em risco. Arquitetos desenvolvendo o design de suas produções em ambientes virtuais, para o cliente ter uma maior imersão e noção de como ficará o produto final (Figura 2).

Figura 2 - Representação de um cliente observando o ambiente virtual.



Fonte: Associação dos arquitetos, engenheiros e técnicos de Cotia
<https://aetec.org.br/realidade-virtual-na-engenharia-e-arquitetura/>

A escolha dessa tecnologia nesses casos é feita para a segurança, possibilitando o treinamento de uma atividade com algum grau de risco, ou pela grande imersão que é proporcionada, inserindo o usuário no ambiente de trabalho. Em ambos os casos, essa tecnologia torna a experiência de aprender mais eficiente.

À medida que continuamos a avançar, é inevitável que os educadores pensem se vale a pena abraçar essas mudanças e as incorporem de maneira eficaz no processo de ensino-aprendizagem, preparando assim os alunos para um futuro cada vez mais tecnológico.

Tais tecnologias digitais de informação e comunicação, que se tornaram economicamente baratas e acessíveis, e ainda evoluem rapidamente, serão úteis para aprimorar as atividades de ensino?

2 OBJETIVOS E FOCOS DE ESTUDO

Nosso interesse foi o de compreender o funcionamento de tais tecnologias e estudar possível aplicação desse instrumento em atividades de Ensino de Física, discutindo seu potencial didático para atividades na Educação Básica, tendo como foco de estudo a questão de pesquisa: Como instrumentos de realidade virtual e aumentada poderiam auxiliar no Ensino de Física?

Com o presente projeto de trabalho de conclusão de curso pretendeu-se:

- ❖ Explorar e caracterizar instrumentos computacionais de Realidade Virtual e Aumentada, buscando discutir seu potencial para o Ensino de Física;
 - ❖ Realizar pesquisa bibliográfica das temáticas em foco, quais sejam Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Ensino de Física.
 - ❖ Elaborar uma proposta de sequência didática relacionando tais instrumentos no Ensino de Física da Educação Básica
- Mediante o aprofundamento de um tópico de Física que poderia explorar o uso de tais ferramentas computacionais

3 REALIDADE VIRTUAL, REALIDADE AUMENTADA E APRENDIZAGEM

3.1 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que cria um ambiente completamente digital e imersivo para o usuário, como representado na Figura 3 um usuário consegue ver a sua frente um globo terrestre, quando utilizando um visualizador, uma espécie de óculos para o ambiente virtual. O globo somente será visível para quem estiver utilizando o visualizador.

Figura 3 – Representação de um ambiente imersivo.



Fonte: Banco de imagens FreePik

Nesse ambiente virtual, os usuários podem também interagir virtualmente com objetos e com os cenários, como se estivessem realmente lá, embora estejam fisicamente em outro lugar. Para experimentar a RV geralmente utiliza-se dispositivos como óculos de realidade virtual ou capacetes, que bloqueiam completamente a visão do mundo real e substituem essa visão por uma simulação digital. Esses dispositivos também podem reagir aos movimentos da cabeça da pessoa que está com o equipamento (Figura 4), permitindo uma sensação de presença e imersão mais realista.

Figura 4 – Recursos adicionais nos óculos de RV permitem controle por movimentos.



Fonte: Imagem de pch.vector do banco de imagens FreePik

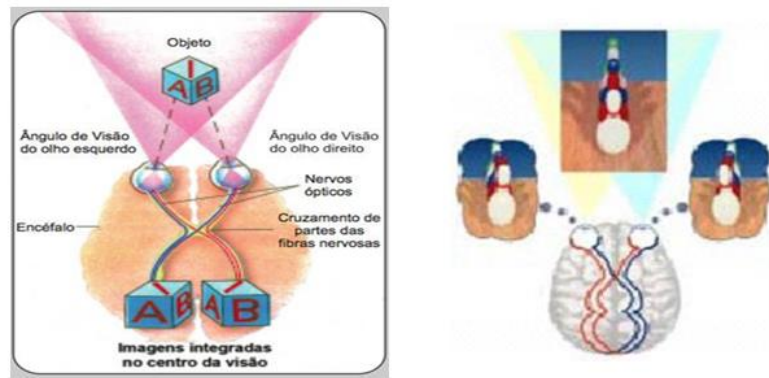
O termo “Realidade Virtual” pode ser um tanto controverso, como algo virtual poderia ser real? Por esse motivo, precisamos compreender o que é de fato a realidade.

Segundo o dicionário de filosofia (ABBAGNANO, 2007), “Realidade” pode possuir algumas definições. Pode ser o modo de ser das coisas fora da mente humana ou que não dependem dela, aquilo que depende da atividade do Eu. Pode ser a oposição a aparência, ilusão e outro semelhante. Assim como também pode ser a oposição a possibilidade, potencialidade e a necessidade.

Como as definições filosóficas acabam sendo conflitantes e variam de autor para autor, vamos utilizar a definição presente na dissertação de Romero Tori e Marcelo da Silva Hounsell, Introdução a Realidade Virtual e Aumentada (2020), em que assumem a realidade como sendo algo que pode ser percebido pelos nossos sistemas sensoriais, aquilo que pode nos emocionar e interagir conosco. E a RV, por mais que seja um ambiente artificial, atende esses requisitos.

Percebemos a realidade a partir de nossas sensações como visão, olfato, audição, tato e gustação. A RV se faz valer particularmente da visão, oferecendo ao sujeito a partir de uma pequena tela dividida em dois colocada na altura de seus olhos, permitindo uma visão estereoscópica de uma determinada cena, isso possibilita a nossa percepção de profundidade (Figura 5).

Figura 5 - Fisiologia do olho humano permite perceber a 3ª dimensão, por meio da visão estereoscópica. A composição de imagens ligeiramente diferentes, quando sobrepostas, representam a profundidade.



Fonte: TORI, 2020, livro Introdução a Realidade Virtual e Aumentada

A RV é um recurso usado em diversas áreas, incluindo jogos, treinamento, medicina, arquitetura e educação. Ela oferece a oportunidade de criar ambientes de aprendizado virtuais nos quais os aprendizes podem explorar conceitos complexos de maneira prática e envolvente.

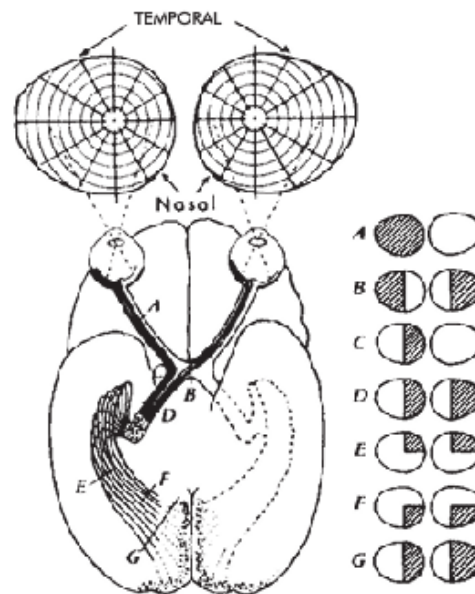
3.1.1 Estereoscopia

O olho humano é composto por um aglomerado de sensores de luz capazes de transmitir informações para o nosso cérebro que as interpreta e conclui no que realmente vemos. Existem três camadas de células que podem ser destacadas por possibilitar a nossa visão, sendo a primeira delas as células da retina, que são aquelas afetadas pela luz que chegam em nossos olhos. Uma célula intermediária que recebe as informações de uma ou algumas células da retina e as transportam para as células de uma terceira camada responsável por transmitir essas informações ao cérebro (FEYNMAN, 2008).

A Figura 6 ilustra as conexões entre o olho e a região do cérebro associada de forma mais direta ao processo visual. As fibras do nervo óptico convergem em uma região logo após D, denominada geniculado lateral, de onde se projetam para terminar no córtex visual, uma seção específica do cérebro. É importante observar que algumas fibras de cada olho são direcionadas para o lado oposto do cérebro, resultando em uma representação visual incompleta. Os nervos ópticos do lado esquerdo do olho direito atravessam o quiasma óptico em B, enquanto os do lado esquerdo do olho esquerdo retornam e seguem o mesmo caminho. Consequentemente, o lado esquerdo do cérebro recebe todas as informações provenientes do lado esquerdo do globo ocular de cada olho, correspondendo ao lado direito do campo de visão. Da mesma forma, o lado direito do cérebro processa as informações do lado esquerdo do campo de visão

(FEYNMAN, 2008). Esse processo é fundamental para a percepção de profundidade e constitui o sistema visual estereoscópico.

Figura 6 – Esquema do processo de visão.

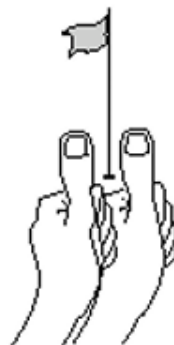


Fonte: Feynman, 2008, Lições de Física

A visão estereoscópica é o que nos permite ter noção de profundidade, ela ocorre quando duas imagens são produzidas com um ângulo pequeno entre as duas, como o que ocorre com os nossos olhos. Devido à distância natural dos nossos olhos, duas imagens diferentes são enviadas para o nosso cérebro, que as interpreta de maneira tridimensional unindo como uma só imagem (HEWITT, 2015).

Esse fenômeno é facilmente testado, basta esticar um braço com o polegar levantado, e olhar para ele, quando fechar um olho o polegar estará em uma posição referente ao fundo, e quando fechar o outro olho, o polegar estará em outra posição (Figura 7).

Figura 7 - Experimento visão estereoscópica.



Fonte: TORI, 2020 p. 77

O estereoscópio por exemplo é um equipamento que isola a visão do olho esquerdo e do direito e possui lentes para o ajuste focal individual de cada olho, esse equipamento serve para conseguir visualizar imagens que são deslocadas ligeiramente para que possa ser visualizada em 3D. Por mais que possua um nome complicado, o suporte utilizado para o celular, que chamamos comumente de óculos de RV, nada mais é do que este equipamento.

Portanto, esse é o motivo de precisarmos produzir imagens estereoscópicas para conseguir produzir uma experiência de RV.

3.2 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que mescla elementos do mundo real com elementos digitais, criando uma sobreposição entre o mundo físico e o digital (Figura 8). Ao contrário da RV, a RA não substitui completamente a visão do mundo real, mas adiciona informações digitais em tempo real à visão do usuário.

Figura 8 - Realidade Aumentada sobreposta no mundo físico.



Fonte: Imagem de Tima Miroshinchenko do banco de imagens Pexels

A RA é frequentemente experimentada por meio de dispositivos como smartphones ou tablets, que usam a câmera para capturar o ambiente ao redor e depois sobrepor informações digitais, como imagens, texto ou objetos 3D, à visualização da câmera. Isso permite que os usuários vejam o mundo real, mas também interajam com elementos virtuais integrados a ele. A RA tem uma ampla gama de aplicações, desde publicidade e entretenimento até educação e manutenção industrial.

3.3 Teoria de Aprendizagem de Ausubel

A vivência de situações e interações por meio de recursos de RV ou RA podem sugerir situações interessantes para o Ensino de Física, ao inserir o estudante na situação que se quer estudar. Tal inserção pode ser um exercício de conceitos previamente estudados ou até mesmo uma primeira aproximação com novos conceitos.

Neste caso tais recursos poderiam ser facilitadores da aprendizagem imediata e até mesmo futura. Em termos de conhecimentos para o Ensino de Física, consideramos que poderia facilitar a conexão de conhecimentos do cotidiano do aluno com conteúdos vistos em aula, ajudando na construção, desenvolvimento e aprimoramento dos denominados “subsunçores”, ou seja, conhecimentos que podem “ancorar” outros conhecimentos, como sugerido na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel.

A experiência pessoal com a RA ou a RV podem ampliar possibilidades de ensino se considerarmos a abordagem pedagógica da teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel.

Segundo Ausubel, existe dois tipos de aprendizagem, a aprendizagem significativa, que ocorre quando o novo conhecimento se relaciona de maneira relevante com a estrutura cognitiva existente do aluno (AUSUBEL, 1982). E a aprendizagem mecânica, que ocorre quando a pessoa recebe uma nova informação que não é relacionada com nenhuma outra informação presente na estrutura cognitiva dela. Tecnologias, quando usadas com discernimento, possuem a capacidade de facilitar essa conexão, fornecendo exemplos concretos e interativos que se ligam ao conhecimento prévio dos alunos, ou quando não dispõem desse conhecimento prévio, ajudam a adquiri-lo e contribuir para uma melhor subsunção posteriormente.

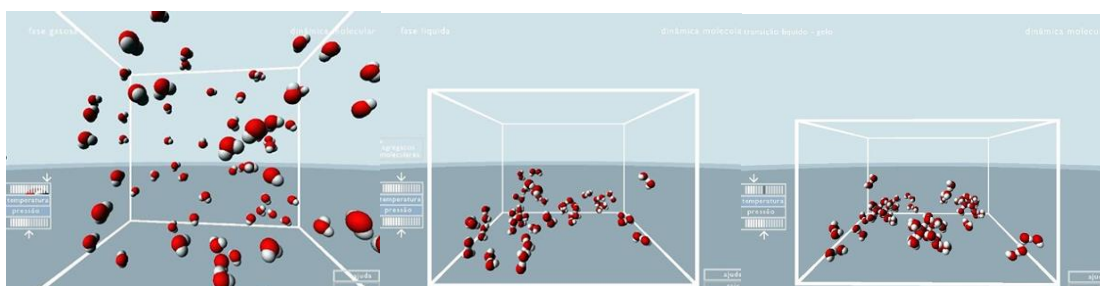
Ao inserir alunos em um ambiente de ensino virtual, o professor terá o controle de simular uma experiência realista e guiada para o aluno, fazendo com que este aluno interaja com o conteúdo de maneira que ele jamais conseguiria em uma lousa, ou não teria as informações para aprender por conta própria em seu cotidiano. Ainda que o professor leve experimentos na sala de aula ele poderia não entender, por estar muito longe ou muitas pessoas estarem na frente, fazendo-o perder algum detalhe importante. Nesse caso a experiência é particularmente dele, isso possibilita uma melhor “ancoragem” do que lhe foi ensinado em sua estrutura cognitiva, fazendo com que cada vez que ele veja aquele conteúdo em seu cotidiano, assimile a vivência dele no ambiente virtual e amplie (ou mesmo crie) seus subsunçores.

4 RV E RA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Iniciamos nossa pesquisa com um estudo bibliográfico sobre tópicos relacionados ao ensino de Física, o uso de tecnologias em contextos escolares e a aplicação de Realidade Virtual (RV) e Aumentada (RA) no processo educacional. Entre os recursos consultados, nos deparamos com o livro *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada* (TORI; HOUNSELL, 2020), que apresenta propostas sobre o potencial dessas tecnologias no ensino.

Os autores destacam uma série de abordagens viáveis para integrar essas tecnologias em práticas educativas, como simulações de fenômenos, imersão em ambientes virtuais e interações com conceitos abstratos, entre outros. No entanto, ao examinar suas propostas, constatamos que apenas uma delas foi efetivamente implementada no ensino de Física, uma simulação da interação de moléculas de água em diferentes estados e temperaturas (Figura 9).

Figura 9 – Simulação do comportamento de moléculas de água.



Fonte: Livro *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*

O livro também ressalta que, embora o custo das tecnologias de RV e RA tenha diminuído ao longo dos anos, muitos professores ainda enfrentam desafios significativos devido à falta de habilidades e conhecimento para desenvolver seus próprios conteúdos de ensino nesses formatos. Diante desse cenário, dedicamo-nos a buscar maneiras de criar uma sequência didática sólida, ancorada em uma teoria pedagógica robusta, que atendesse aos requisitos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e que pudesse ser facilmente replicada por qualquer educador.

4.1 Teoria pedagógica

Buscamos por teorias pedagógicas substanciais que pudessem orientar nosso progresso. Entre as teorias examinadas, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel destacou-se, realçando a importância de relacionar o novo conhecimento com estruturas cognitivas preexistentes, denominadas "subsunçores". Embora na disciplina de Física a observação seja fundamental, nossa explicação restrita a um espaço bidimensional muitas vezes limita a associação entre o novo conhecimento e a experiência do aluno. A incorporação das

tecnologias de RV e RA oferece uma dimensão adicional que amplia a imersão no conteúdo, contribuindo assim para o desenvolvimento desses "subsunçores". Como Ausubel diz em sua obra, para que ocorra uma aprendizagem significativa, é necessária a utilização de organizadores prévios, que vão funcionar como conectores entre as informações preexistentes e as novas. Na visão deste trabalho, a função de organizador prévio, seria da própria RV ou RA, auxiliando a visualização tridimensional do que o professor quer retratar do mundo real;

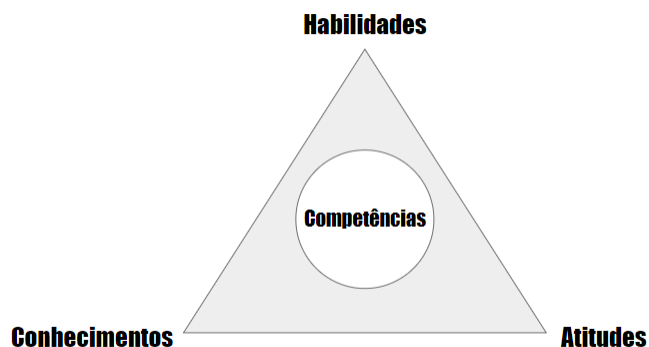
Ao aplicar essa teoria em conjunto com a proposta do nosso trabalho em uma sequência didática, buscamos exemplos de como essa tecnologia já havia sido implementada. No entanto, descobrimos que há uma escassez de informações sobre sua aplicação no ensino básico, em comparação com sua ampla utilização em treinamentos profissionais em áreas de risco e construção.

Este cenário motivou nossa exploração adicional, visando preencher essa lacuna e demonstrar o potencial transformador da RV e da RA no contexto educacional. Com um foco específico no ensino de Física, nosso objetivo é criar uma experiência de aprendizagem significativa que transcenda as limitações do espaço tradicional da sala de aula, proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda e prática dos conceitos físicos fundamentais.

4.2 Competências da BNCC

Sendo assim, para desenvolver uma sequência didática buscamos por temas que atendessem as exigências de competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), desenvolvendo habilidades, gerando entusiasmo nos alunos para que eles tomem atitude de continuar por conta própria, e proporcionasse a obtenção de conhecimentos novos através de uma aprendizagem significativa (Figura 10).

Figura 10 – Triângulo de competências.



Fonte: O autor

Segundo essa base curricular, cada área do conhecimento, tem suas próprias competências específicas, que detalham os conhecimentos, habilidades e atitudes que os alunos devem adquirir ao longo de cada etapa da Educação Básica. Ao focar essas competências, a BNCC busca fornecer uma base sólida para que os estudantes se tornem cidadãos críticos, criativos, autônomos e capazes de se adaptar às demandas e desafios do mundo contemporâneo. Uma das competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias exigidas é de investigação de situações-problemas, aplicar seus conhecimentos na área para solucioná-los e saber comunicar suas conclusões.

4.3 Laboratórios Didáticos de Física

Por fim, nosso objetivo era determinar a melhor maneira de aplicar essa abordagem na sala de aula. Para isso, consideramos os diferentes tipos de laboratórios didáticos disponíveis e procuramos aquele que mais se alinhava com a proposta de aula que desejávamos oferecer. A incorporação dessa tecnologia inovadora nos permitiu a flexibilidade de não depender de uma extensa infraestrutura física ou de uma grande variedade de materiais para configuração de um laboratório; tudo poderia ser simulado virtualmente.

De acordo com as perspectivas de Pinho Alves (2000) e Norberto Ferreira (1985), as abordagens possíveis em laboratórios didáticos de Física incluem:

- I. Laboratório de Demonstração: Os alunos simplesmente observam experimentos sendo realizados.
 - i. No qual pode ser desenvolvido um ambiente virtual demonstrativo, simulando algum experimento ou fenômeno.
- II. Laboratório Tradicional: Os alunos seguem um roteiro que os guia na execução de experimentos e verificação de fenômenos utilizando instrumentos.
 - i. Podendo ser utilizado com elementos virtuais em RA indicando procedimentos ou fornecendo informações sobre equipamentos ou ferramentas a serem utilizadas.
 - ii. Capaz de produzir elementos explorando cada detalhe que não poderia ser visto em experimentos reais, como vetores ou reações microscópicas.
- III. Laboratório Divergente: Permite que os alunos escolham tópicos de interesse para aprofundamento dentro de um cronograma estabelecido pelo professor.

- i. Nesse tipo de laboratório seria possível propor aos alunos produzir seus próprios elementos 3D de RV ou RA.

IV. Laboratório e o Problema da Redescoberta: Os alunos tentam recriar por conta própria fenômenos, descobrindo assim como são formados.

- i. Capaz de inserir os estudantes em cenários interativos, onde estarão livres para explorar e tirar suas próprias conclusões dos fenômenos ocorridos.

Outras abordagens foram sugeridas por Moreira e Levandowski (1983) e classificam os laboratórios em estruturados e não estruturados:

I. Laboratório Programado (Estruturado): Utiliza roteiros para alcançar resultados específicos, focando na habilidade de manuseio de equipamentos.

- i. Fornecer informações dos equipamentos em RA e ferramentas para o manuseio.

II. Laboratório com Ênfase na Estrutura do Experimento (Não-estruturado): Visa a identificação das partes do experimento e a descrição de seu funcionamento.

- i. Possibilidade de gerar uma simulação do experimento de forma expandida, detalhando cada parte do seu funcionamento.

III. Laboratório sob Enfoque Epistemológico (Não-estruturado): Tem um viés mais reflexivo, não focando principalmente na coleta de dados.

- i. Criar uma simulação para demonstrar algum fenômeno.
- ii. Pedir para os alunos criarem suas próprias produções virtuais.

Essa variedade de abordagens oferece a flexibilidade necessária para adaptar o ensino da Física aos objetivos educacionais específicos de cada situação utilizando a RV ou RA, dependendo da aplicação e criatividade do professor.

Para o presente trabalho vamos utilizar as tecnologias de RV e RA em um desses laboratórios para produzir nossa sequência didática, a fim de utilizá-lo como facilitador do processo de aprendizagem significativa, primeiramente foi pensado em um “Laboratório de Demonstração”, que poderia ser utilizado através de uma simulação onde o aluno não terá interação com o ambiente, apenas conseguiria observar um vídeo em RV e o aluno receberia informações de forma passiva. Porém, optamos por uma variação do que se poderia classificar como “Laboratório e o Problema da Redescoberta”, propondo uma situação na qual o estudante terá que investigar e interagir com o ambiente para tirar suas próprias conclusões do ocorrido.

4.4 Pensando em uma Sequência Didática com RV

Para elaborar um plano de aula foi necessário identificar temas de interesse para estudantes do Ensino Médio relacionados à Física. Uma abordagem frequentemente desafiadora e cativante para alunos nessa faixa etária são as séries de TV e plataformas de streaming.

Com base nesse interesse, optamos por utilizar séries de investigação que, embora nem sempre sejam completamente precisas, abordam temas relevantes de Física Forense, os quais serão explorados em nossa aula.

Com o tema da aula definido, elaboramos um plano de aula que envolve o uso do tipo de laboratório didático conhecido como "Laboratório e o Problema da Redescoberta". Simultaneamente, iniciamos a busca pela melhor plataforma de software para criar um ambiente virtual imersivo, no qual os alunos serão inseridos para executar a prática, e para modelar objetos 3D que serão utilizados com a RA.

4.4.1 Blender

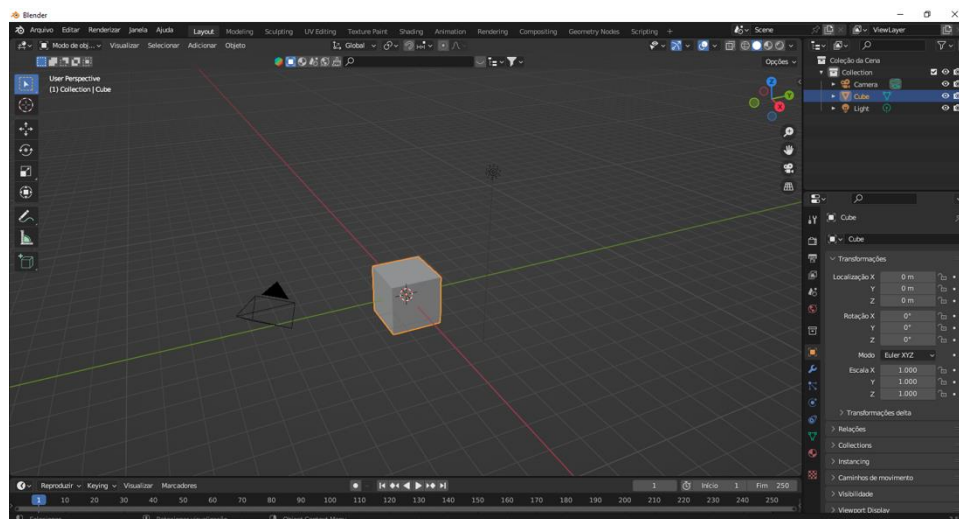
Criado e mantido pela Blender Foundation desde 2002, o Blender é um programa de criação 3D de código aberto (BLENDER, 2023). Mais do que um simples software gratuito, o Blender é uma ferramenta com licença pública, o que significa que pode ser explorado em uma ampla variedade de contextos sem restrições. Uma das características deste software é a sua robusta comunidade de desenvolvedores e usuários, que continuamente contribui com um vasto conjunto de ferramentas e recursos.

Essa colaboração comunitária resulta em uma riqueza incomparável de materiais e modelos prontos para uso, tornando o Blender especialmente acessível para aqueles que estão iniciando na modelagem 3D.

Neste trabalho, o Blender foi escolhido como a plataforma de modelagem 3D. Sua versatilidade e capacidade de lidar com uma variedade de projetos, desde a criação de modelos complexos até a renderização (processo de transformação dos projetos brutos em arquivos de visualização, seja de foto ou vídeo), de ambientes virtuais imersivos, o tornaram a escolha ideal para dar vida a visões educacionais de RV e RA. Esse programa é capaz de abrir e funcionar com computadores que possuem placas de vídeo ou processadores inferiores, para produções com poucos elementos gráficos. Já para projetos com muitos elementos gráficos ou com texturas muito realistas, será necessário computadores mais potentes, com placas de vídeo e processadores mais atuais.

Ao abrir o programa, somos recebidos pela interface retratada na Figura 11, que à primeira vista pode parecer intimidante devido à ampla gama de informações apresentadas. No entanto, devido à sua popularidade, uma infinidade de tutoriais disponíveis no YouTube e em outras plataformas pode ajudar a familiarizar os usuários com as diversas ferramentas e funcionalidades do software.

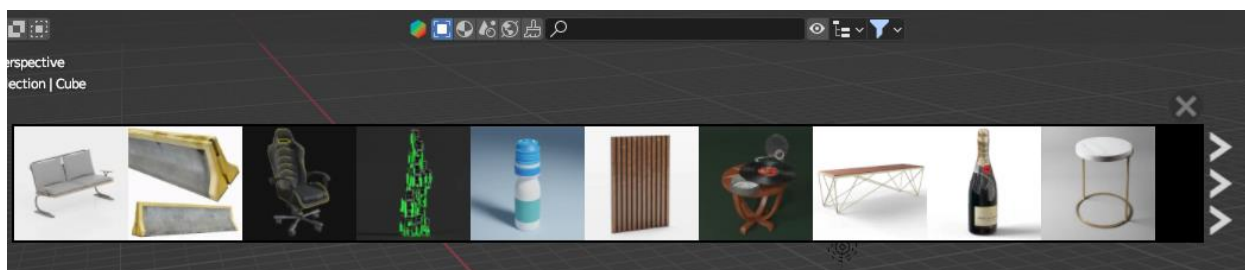
Figura 11 – Imagem do programa em que diversos controles permitem posicionar objetos, sua localização, textura de cores e outros aspectos para criar o ambiente virtual.



Fonte: O autor

Para criar um cenário com uma variedade de objetos no Blender, não é necessário modelar cada um individualmente e, em seguida, posicioná-los manualmente. O Blender conta com uma comunidade extensa que compartilha seu trabalho de forma gratuita ou paga por meio de sites como free3d.com, turbosquid.com, open3dmodel.com e sketchfab.com. Além disso, o próprio programa oferece uma biblioteca integrada chamada BlenderKit (Figura 12), repleta de modelos, texturas e cenários prontos para uso. Com essa funcionalidade, os usuários podem simplesmente clicar e arrastar os elementos desejados para incorporá-los ao seu cenário, o que agiliza consideravelmente o processo.

Figura 12 – Imagem da interface BlenderKit, objetos pré-programados que podem ser utilizados no ambiente virtual.

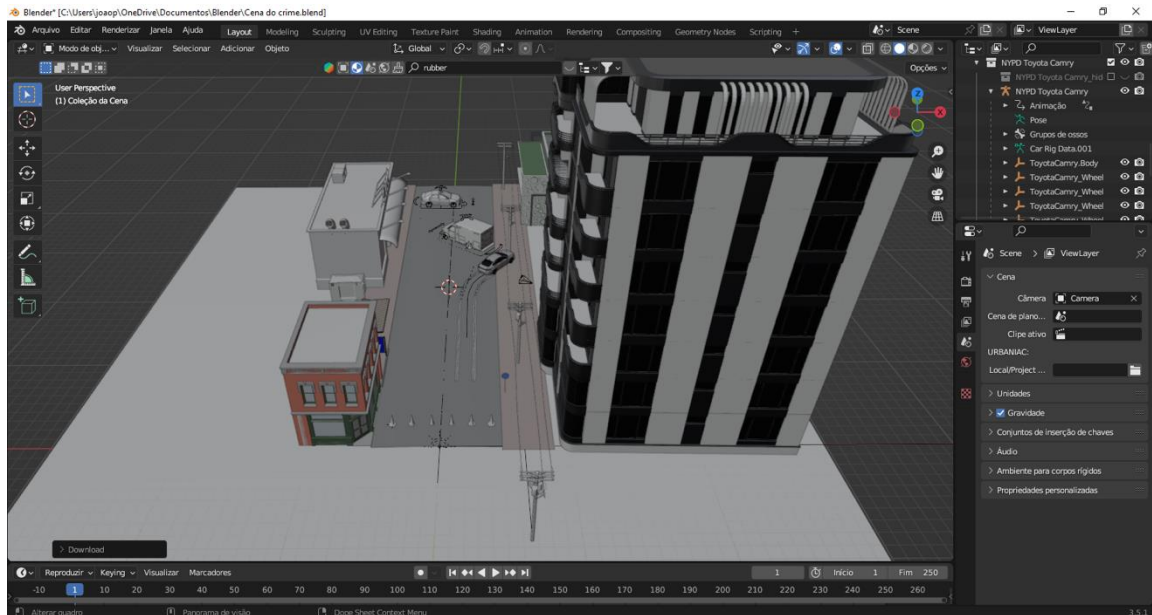


Fonte: O autor

Para o tema escolhido de Física Forense, começamos a desenvolver no Blender um cenário de acidente de carro que simula a colisão de um veículo com um poste (Figura 13).

Durante o processo de criação, dedicamos atenção aos fatores cruciais que precisavam ser representados, como a marca de frenagem do carro, utilizada para determinar sua velocidade inicial. Para os elementos que exigiam habilidades mais avançadas em modelagem, como a deformação do chassi do veículo, introduzimos personagens no cenário (Figura 14) para interagir com os alunos e transmitir as informações necessárias. Também incluímos marcações de evidências relevantes (Figura 15) para destacar aspectos específicos do cenário do acidente.

Figura 13 - Cenário de acidente desenvolvido no programa Blender.



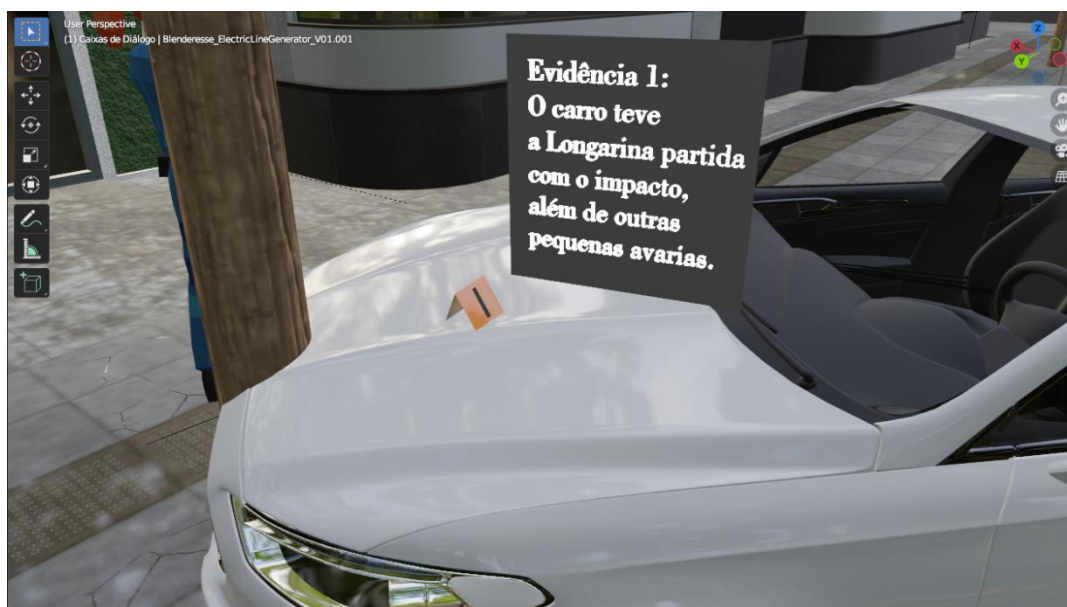
Fonte: O autor

Figura 14 – Imagem de uma personagem indicando as informações complementares.



Fonte: O autor

Figura 15 - Evidências com informações complementares podem ser introduzidas, aparecendo para o usuário.

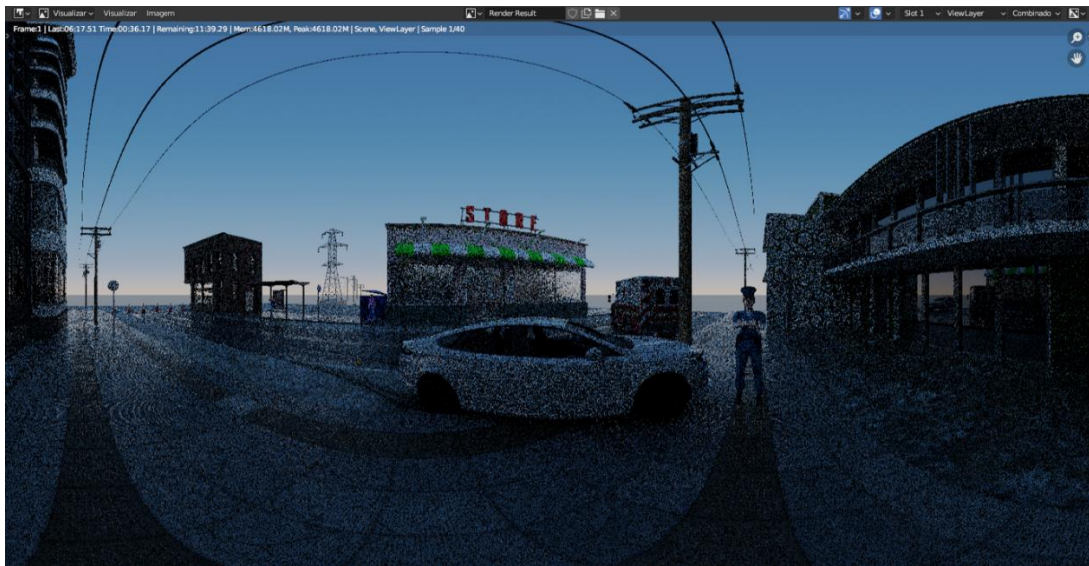


Fonte: O autor

Com o cenário concluído, prosseguimos com a renderização de várias imagens a partir de pontos estratégicos, adotando um formato de projeção cilíndrica equidistante (Figura 16). Essas imagens foram projetadas para criar uma visão panorâmica de 360 graus, e posteriormente foram combinadas para formar um tour virtual, semelhante ao Google Street View. e por fim

converter essas imagens em estereoscópicas para utilizar juntamente com um óculos de realidade virtual.

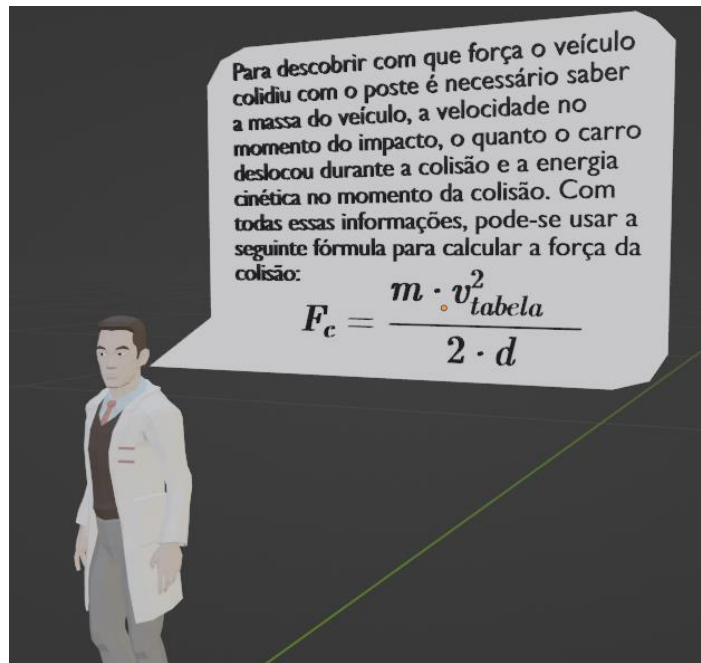
Figura 16 - Renderização da imagem 360°.



Fonte: O autor

Após a conclusão do ambiente de Realidade Virtual, começamos a considerar maneiras de integrar a RA na sequência didática. Nesse contexto, surgiu a ideia de incorporar um modelo 3D de um cientista para fornecer orientações aos alunos durante a elaboração do relatório (Figura 17). Dessa forma, ao longo do relatório, incluímos QR Codes que, quando escaneados, permitiriam que esse personagem em Realidade Aumentada fornecesse informações para auxiliar na execução de determinadas etapas do relatório.

Figura 17 – Personagem ajudante 3D para RA.



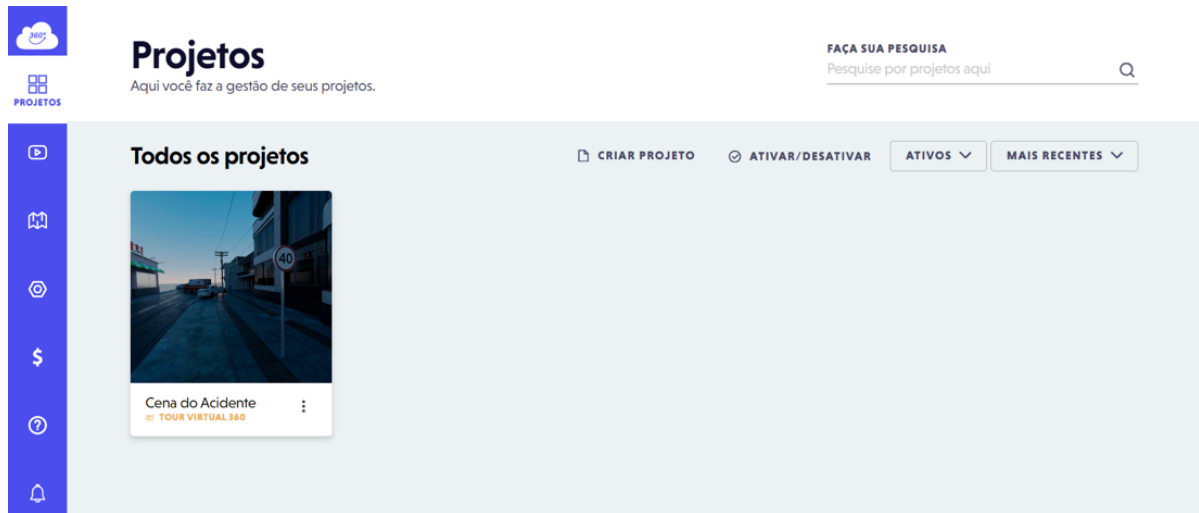
Fonte: O autor

Após a conclusão de todo o trabalho no Blender, iniciamos a busca por plataformas adequadas para hospedar os modelos de Realidade Virtual e Aumentada. Durante essa pesquisa, deparamo-nos com uma variedade de opções, incluindo sites e softwares, alguns dos quais ofereciam recursos mais avançados mediante pagamento, enquanto outros eram gratuitos, embora com algumas limitações. Dada a natureza do projeto e o objetivo de manter a simplicidade e os custos baixos, optamos por uma solução que atendesse às nossas necessidades sem comprometer a integridade da sequência didática, com a plataforma “Meu Passeio Virtual” (MEU PASSEIO VIRTUAL, 2023).

4.4.2 Meu Passeio Virtual

Optamos por utilizar o Meu Passeio Virtual (Figura 18) como o site para hospedar as imagens de Realidade Virtual. Esta plataforma é comumente utilizada por arquitetos na montagem de tours virtuais de casas, proporcionando aos clientes uma imersão mais lúdica ao visualizar os projetos. A escolha dessa plataforma se deve à sua capacidade de fornecer uma experiência imersiva e interativa, permitindo que os usuários explorem o ambiente virtual com facilidade.

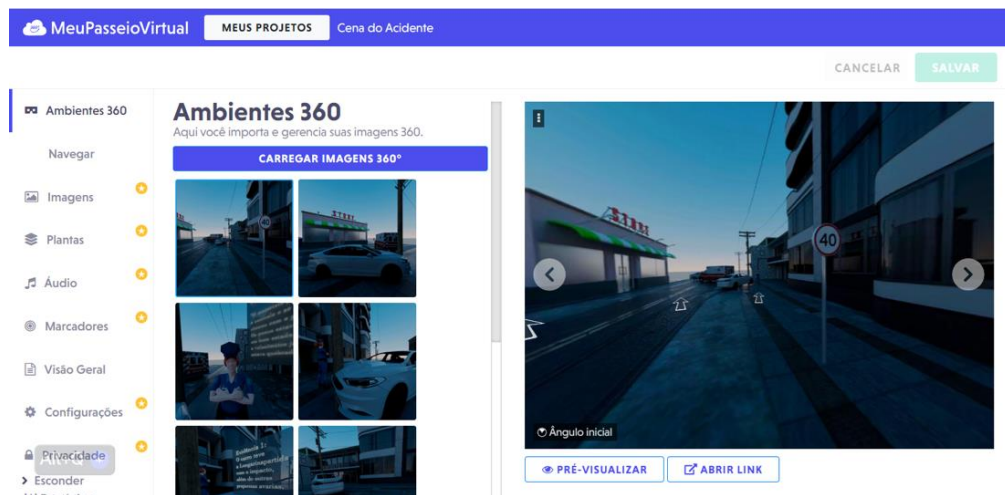
Figura 18 – Imagem da Plataforma Meu Passeio Virtual.



Fonte: O autor

Para criar o tour virtual, iniciamos o projeto no site e procedemos com o upload das fotos geradas anteriormente no Blender. Organizamos as imagens em uma ordem lógica (Figura 19), de modo a representar o percurso desejado no cenário. Além disso, utilizamos as ferramentas disponíveis na plataforma para posicionar as setas de navegação, permitindo que os usuários explorem de maneira fluida e intuitiva todos os pontos relevantes do ambiente virtual.

Figura 19 – Imagem da montagem do tour virtual com as imagens do aplicativo Blender.



Fonte: O autor

Com o projeto concluído, tínhamos duas maneiras de acessar e explorar o cenário virtual. A primeira era simplesmente clicar no projeto no perfil do site, enquanto a segunda envolvia escanear o QR code (Figura 20) fornecido ao término da montagem do tour.

Figura 20 – QR code do ambiente virtual em RV.



Fonte: O autor

Ambas as opções redirecionavam os usuários para uma nova página do navegador (Figura 21), onde era possível explorar o cenário do acidente de forma abrangente.

Figura 21 – Reprodução da tela quando tour virtual estava pronto.



Fonte: O autor

Na nova página do navegador, os usuários notarão a presença de um ícone representando um par de óculos no canto superior direito. Ao clicar nesse ícone, as imagens serão convertidas em imagens estereoscópicas (Figura 22), que são especialmente projetadas para visualização por meio de óculos de Realidade Virtual. Ao proporcionar essa opção de visualização estereoscópica, buscamos enriquecer a experiência de aprendizagem, permitindo que os alunos explorem o ambiente virtual de maneira mais envolvente e abrangente. Para explorar o ambiente, terão setas pelo cenário, se estiver usando a opção estereoscópica, basta olhar para essas setas por um tempo que você será redirecionado para a próxima cena. Caso não esteja utilizando a opção estereoscópica, basta clicar nas setas para se locomover pelo ambiente 3D e arrastar a cena com o dedo para olhar em volta.

Figura 22 – Imagem estereoscópica para uso dos óculos de RV.

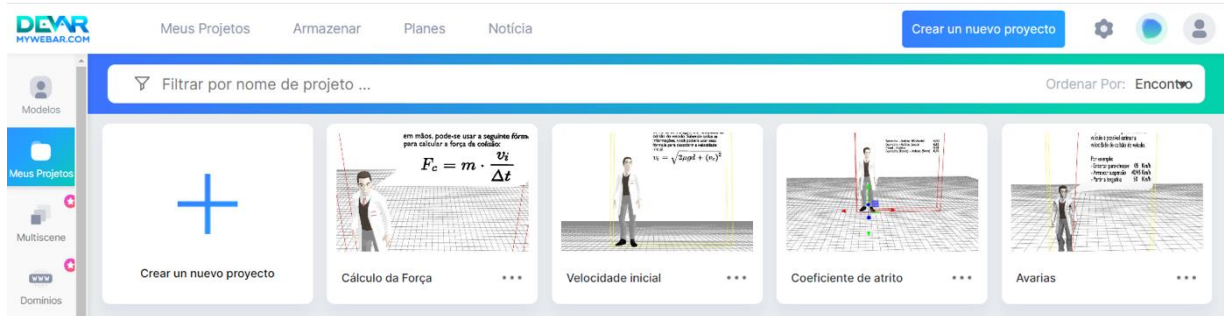


Fonte: Imagem tirada do site meupasseiovirtual.com

4.4.3 MyWebAR

Optamos por utilizar o site My Web AR para hospedar os modelos de Realidade Aumentada. Esta plataforma oferece diversas funcionalidades interessantes na versão paga, mas, para atender às nossas necessidades, a versão gratuita já proporcionava o que precisávamos. Uma das vantagens desse site é a sua simplicidade, pois basta carregar um arquivo de objeto 3D, como o personagem ajudante, em um projeto dentro da plataforma (Figura 23).

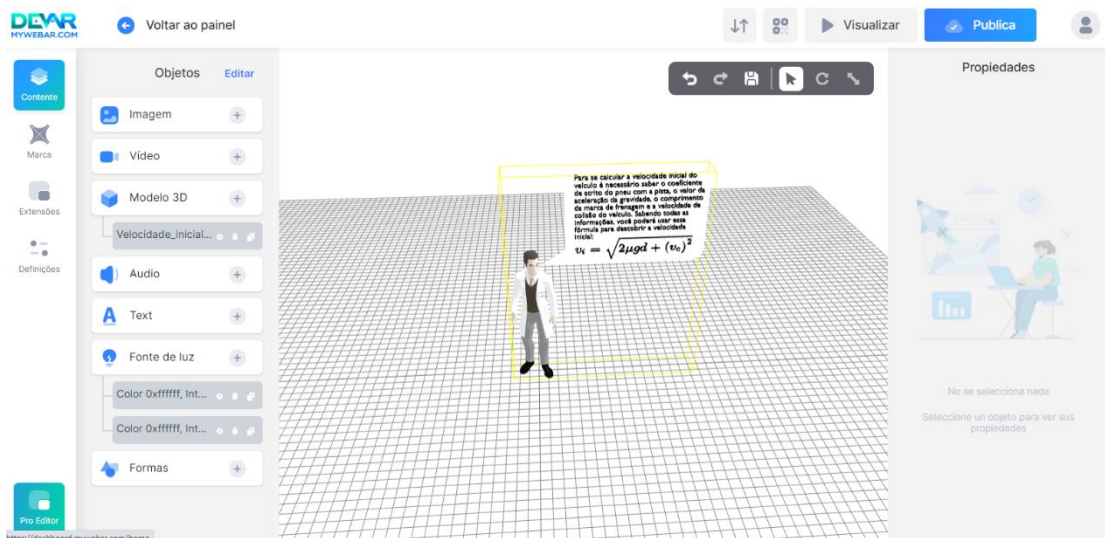
Figura 23 – Imagem da área de projetos do site My Web AR.



Fonte: o autor

Dentro do projeto na plataforma My Web AR (Figura 24), existem opções para realizar ajustes no modelo de Realidade Aumentada. Uma dessas opções é a possibilidade de modificar o tamanho do modelo, o que afetará o tamanho inicial no qual o personagem ajudante aparecerá na câmera do dispositivo do usuário. Além disso, existem outras opções disponíveis para personalizar o comportamento e a aparência do modelo, embora possam não ser relevantes para o escopo específico deste trabalho.

Figura 24 - Edição do projeto, reprodução da Imagem tirada do site mywebar.com.



Fonte: o autor

Após a conclusão de cada projeto na plataforma My Web AR, um QR code exclusivo é gerado para esse projeto específico. Esses QR codes (Figura 25) podem ser colocados em qualquer local desejado dentro do relatório ou do ambiente de aprendizagem.

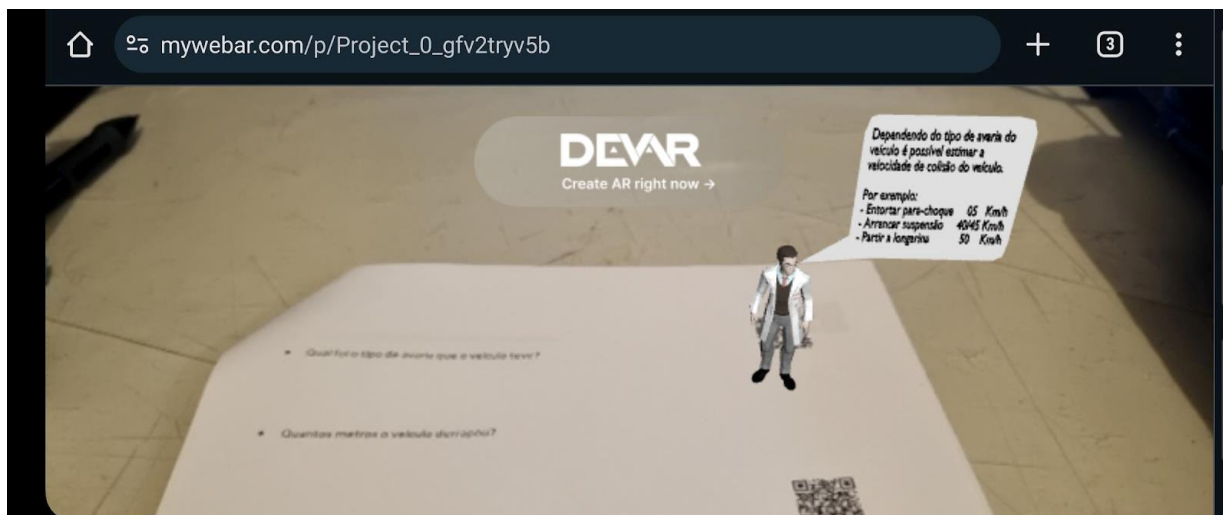
Figura 25 – QR codes do personagem cientista em RA.



Fonte: O autor

Ao escanear o QR code com um dispositivo móvel, o usuário é redirecionado para uma página no navegador do celular, onde os usuários podem simplesmente tocar na tela para posicionar o personagem 3D onde desejarem (Figura 26) e terem a oportunidade de interagir com o modelo de Realidade Aumentada.

Figura 26 – Personagem em RA.



Fonte: Imagem tirada do site mywebar.com no celular

Essa abordagem simplificada torna mais acessível o processo de incorporar elementos de Realidade Aumentada à sequência didática. A plataforma My Web AR atendeu às nossas necessidades ao fornecer uma maneira eficaz de incluir a interatividade de RA nas atividades, permitindo que os alunos escaneassem QR Codes no relatório para acessar informações valiosas fornecidas pelo personagem ajudante em 3D.

4.4.4 Óculos de RV

Ao longo do desenvolvimento de qualquer nova tecnologia, é comum que os preços iniciais sejam consideravelmente elevados, tornando a adoção generalizada um desafio. No entanto, à medida que o tempo passa, muitas tecnologias se tornam mais acessíveis, como foi o caso dos rádios, TVs e sistemas de GPS. Por outro lado, certas tecnologias continuam a evoluir rapidamente, mantendo os preços elevados para suas versões mais recentes. Isso muitas vezes leva as pessoas a acreditarem que esses preços altos representam a média para toda a tecnologia, o que nem sempre é verdade. Um exemplo disso pode ser observado na evolução dos preços de celulares, impressoras 3D e óculos de Realidade Virtual (RV).

Embora os óculos dedicados para jogos (Figura 27) representem o auge da tecnologia de Realidade Virtual (RV), neste projeto optamos por concentrar-nos no uso de smartphones. Atualmente, a grande maioria das pessoas, excluindo aquelas em situações de extrema pobreza, possui um smartphone.

Figura 27 – Imagem dos óculos Meta Quest 3 em <https://www.uploadvr.com/quest-3-hands-on-impressions/>.



Fonte: David Heaney, 2023

Essa escolha não apenas reduz significativamente os custos associados à implementação em sala de aula, mas também aborda uma preocupação comum entre os educadores: a presença de smartphones nas salas de aula. Em minha experiência no ambiente escolar, observei que os alunos frequentemente enfrentam muitas distrações online e se deparam com uma sobrecarga de informações ao acessarem a internet por meio de smartphones. Inserir esses dispositivos na sala de aula pode ser uma maneira de lidar com esses desafios. As plataformas "Meu Passeio Virtual" e "My Web AR", aliadas a uma abordagem didática bem estruturada, possibilitam essa integração e contribuem para alcançar aprendizados significativos.

Para alcançar uma imersão completa em Realidade Virtual, tudo o que é necessário é um suporte para smartphones para os alunos. Esses suportes podem ser adquiridos por uma média de R\$35 a R\$60 (Figura 28), representando uma solução acessível e prática para integrar a tecnologia de RV ao ambiente educacional.

Figura 28 – Reprodução da página dos óculos de RV à venda, indicado na aba “Shopping” da Google.



Fonte: o autor

Outra opção viável seria a montagem de suportes para celulares utilizando papelão dentro da sala de aula (Figura 29). Essa atividade não apenas proporcionaria uma solução prática e de baixo custo, mas também ofereceria a oportunidade de abordar conceitos de óptica, lentes esféricas e distância focal. Além disso, a Google disponibiliza modelos e instruções para a montagem de óculos de papelão personalizados (Figura 30), o que poderia enriquecer ainda mais a experiência de aprendizagem dos alunos.

Figura 29 – Imagem dos óculos de RV de papelão reproduzido de <https://arvr.google.com/cardboard/>.



Fonte: o autor

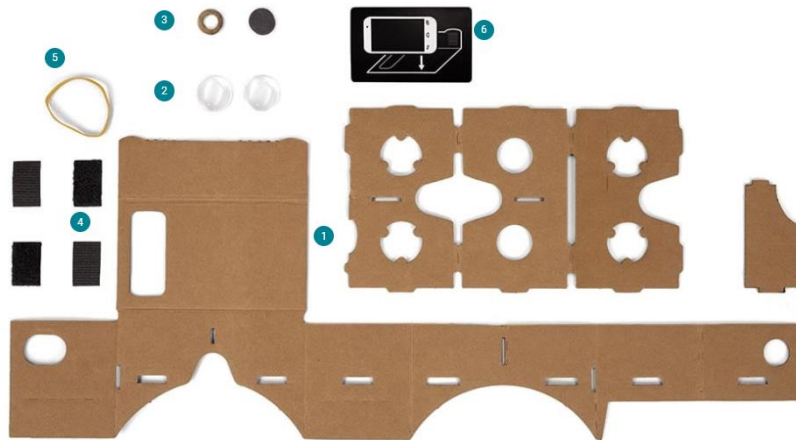
Figura 30 – Imagem das instruções da Google para construção do suporte de celular para reproduzir os óculos RV obtido em <https://arvr.google.com/cardboard/>.

Construa você mesmo

Para construir seu próprio visualizador, tudo que você precisa são alguns itens de uso diário que você pode encontrar em sua garagem, online ou em sua loja de ferragens local: papelão, lentes, ímãs, fecho de velcro e um elástico.

[INSTRUÇÕES DE DOWNLOAD](#)

[PARA FABRICANTES](#)



Fonte: o autor

Para confeccionar os óculos, a utilização de materiais reciclados e de baixo custo não apenas torna a prática mais atraente, mas também oferece a oportunidade de empregar o tempo de construção para explicar o funcionamento óptico do suporte. Além disso, há a possibilidade de produção das próprias lentes por meio do uso de resina. Ao medir a distância focal dos óculos e conhecer o índice de refração da resina, os alunos têm a capacidade de calcular o raio da circunferência da lente utilizando a "equação dos fabricantes de lentes" (Equação 1).

$$\frac{1}{f} = (n_{\text{lente}} - 1) * \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$$

Onde “ f ” é a distância focal das lentes (que deve ser igual a distância das lentes até a retina), “ n ” é o índice de refração do material das lentes, no caso da resina, e “ R ” o raio da circunferência das lentes.

5 RESULTADOS

Com a pesquisa foi observado como são utilizadas as tecnologias foco do trabalho na área de ensino, no treinamento de profissionais formados para aplicações específicas de suas profissões, como simulação de cirurgias (médicos), manuseio de equipamentos de alto valor (engenheiros), ou produção de ambientes imersivos (arquitetos).

Em particular, exploramos produção de cenários em RV e modelos em RA, como instrumentos de ensino, mais especificamente em Física para o Ensino Médio da Educação Básica.

Com tais ferramentas consideramos a construção de uma proposta didática sobre Física Forense, organizado em um “Laboratório e o Problema da Redescoberta”, no qual os alunos poderiam aprimorar seus conhecimentos em Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado, Leis de Newton, Atrito e Conservação de Energia. Também poderiam desenvolver habilidades de resolução de problemas do cotidiano, atendendo as exigências de competências da BNCC.

A produção desses projetos em 3D aplicados ao Ensino de Física envolvem desafios, tais como a familiarização com o software Blender ou as limitações de desempenho do computador utilizado, devido a quantidade de elementos dentro do projeto. Em nosso caso, O computador utilizado para o desenvolvimento desses projetos possui um processador Intel core i5 de décima geração, uma placa de vídeo GTX 1650 Super e 24Gb de memória RAM, o que pode ser considerado um computador de bom desempenho. Com essas configurações, o software apresentava lentidão quando aplicadas as texturas dos objetos no projeto e, para renderizar as 9 imagens do ambiente virtual com uma resolução de 2mil pixels por 1 mil (2:1), levou em média 12 minutos e 18 segundos para cada imagem. Entretanto, no caso do modelo de RA, não houve dificuldade semelhante, por ser apenas um personagem, com baixo grau de polimento, com um simples balão de texto, não sendo necessária renderização para utilizá-lo, apenas salvamento do arquivo em um formato tridimensional, no caso .gltf ou .fbx, e fazer upload no site “My Web AR”.

Em nossa proposta a aula poderia ser dividida em 3 etapas, sendo a primeira dela uma aula expositiva do conteúdo, a segunda a imersão dos alunos na RV e a terceira um questionário com o acesso aos QR codes com os modelos de RA. O plano de aula e o questionário estão no Apêndice.

Em nossa proposta de aula expositiva, sugere-se uma apresentação ou revisão de alguns conceitos de mecânica, dinâmica e ciência forense. Os estudantes deverão saber, antes da prática, como é possível chegar na velocidade inicial de um carro após uma colisão. Para isso eles precisam saber a segunda Lei de Newton, como calcular a força peso de um corpo e que para se calcular a Força de atrito é preciso ter o valor do coeficiente de atrito da borracha do pneu com o asfalto (μ) e multiplicar pela força peso do carro (P), como na equação 2:

$$F_{at} = -\mu \cdot P \quad (2)$$

Juntando as equações (3) em (2) e igualando com (4), obtemos a equação (5):

$$P = m \cdot g \quad (3)$$

$$F = m \cdot a \quad (4)$$

$$F_{at} = -\mu \cdot m \cdot g = m \cdot a \quad (5)$$

Partindo dessa igualdade e isolando o valor da aceleração (a), as massas serão anuladas, restando apenas o coeficiente de atrito e a aceleração da gravidade (g):

$$a = -\mu \cdot g \quad (6)$$

Se substituirmos a equação (5) na equação de Torricelli (6) teremos:

$$v_f^2 = v_o^2 + 2a\Delta S \quad (7)$$

$$v_{tabelada}^2 = v_o^2 - 2\mu \cdot g \cdot d \quad (8)$$

Onde $v_{tabelada}$ é a velocidade logo antes do momento da colisão, v_o é a velocidade inicial no momento em que inicia a frenagem e d é a distância, *obtida com* da marca de frenagem do carro.

Evidenciando o termo da velocidade inicial, as massas se anulam, e temos:

$$v_o = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot d + (v_{tabelada})^2} \quad (9)$$

Dessa forma, o aluno pode ser capaz de calcular a velocidade inicial no momento que o carro começa a frear.

Para calcular a força de colisão, os alunos deverão saber conceitos de conservação de energia e trabalho. Sabendo o valor da energia cinética do veículo no momento antes da colisão, após a frenagem e sabendo que o trabalho é igual a variação da energia cinética, mas também

é igual a força multiplicada pelo deslocamento, temos a possibilidade de calcular a força da colisão com as seguintes equações:

$$E_c = \frac{m \cdot v_{\text{tabelada}}^2}{2} \quad (10)$$

$$W = F_c \cdot d \quad (11)$$

$$W = \Delta E_c \quad (12)$$

Como a energia cinética final é igual a zero, por causa da velocidade final ser nula, o trabalho vai ser igual ao módulo da energia cinética inicial.

$$W = |E_c| \quad (13)$$

Portanto, substituindo (10) em (11), temos:

$$\frac{m \cdot v_{\text{tabelada}}^2}{2} = F_c \cdot d \quad (14)$$

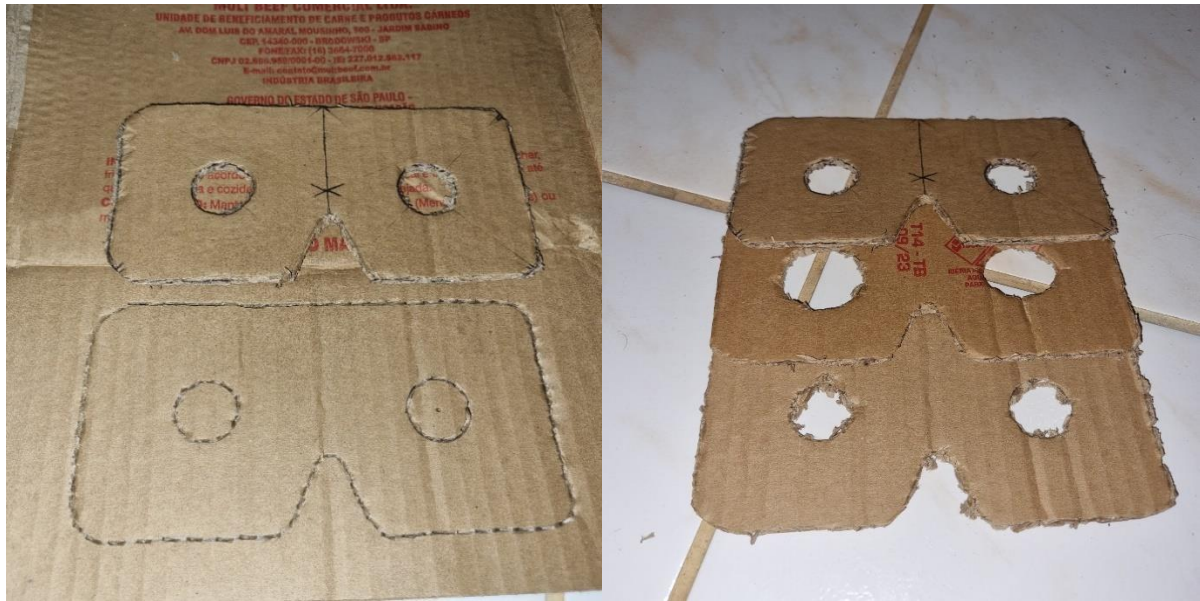
Isolando F_c , temos uma equação para se calcular a força de colisão do acidente,

$$F_c = \frac{m \cdot v_{\text{tabelada}}^2}{2 \cdot d} \quad (15)$$

Outro desafio do trabalho consistiu na elaboração de cenários funcionais capazes de captar a atenção dos alunos, com criatividade. Para os educadores que desejam desenvolver propostas didáticas semelhantes, adquirir proficiência no uso do Blender é fundamental para a produção de aulas em RV e RA. Há uma variedade de tutoriais disponíveis na internet que oferecem orientações técnicas sobre a construção de projetos em 3D, bem como sugestões para estimular a criatividade. Recomenda-se explorar tutoriais relacionados à criação de cenários, animações e personagens, o que permitirá a criação de laboratórios demonstrativos interativos, semelhantes ao desenvolvido neste trabalho, e até mesmo a criação de personagens em RA para orientar os alunos ou desempenhar outras funções imaginativas. Com o domínio dessas ferramentas, é possível construir ambientes e modelos virtuais segundo o interesse do docente.

No caso da construção dos óculos de RV, foi utilizado alguns materiais de baixo custo ou reciclados, como o papelão para compor sua estrutura (Figura 31, 32 e 33).

Figura 31 - Confeção dos visores dos óculos de RV



Fonte: O autor

Figura 32 - Construção da estrutura do suporte do celular



Fonte: O autor

Figura 33 - Construção da parte superior da estrutura dos óculos



Fonte: O autor

Para os moldes para a confecção das lentes, foi utilizado silicone de vedação, que é encontrado em qualquer loja de construção com um preço em torno de R\$ 25,00, misturado com amido de milho, polvilho ou detergente (dependendo da escolha, a consistência e o tempo de secagem variam) que é possível encontrar em mercados com o preço variando entre R\$ 2,00 e R\$ 10,00. Os modelos de referência para os moldes foram feitos com peças produzidas em uma impressora 3D no formato, calculado com a equação 1, de lentes plano-convexas. A quantidade de material usado na impressão ficou em torno de R\$ 0,40 para duas peças. Dessa forma, foi possível fazer os moldes, que depois de secos, receberam a resina (Figura 34), utilizando cerca de 10 ml para a confecção das duas lentes necessárias, em estimativa, o preço foi de R\$ 1,54.

Figura 34 - Moldes para confecção das lentes



Fonte: O autor

Depois que a resina seca completamente (em um período de 2 a 3 dias), foi preciso polir as lentes usando lixas d'água (custo de cerca de R\$ 1,00) e massa de polir (custo de cerca de R\$ 20,00) e posicioná-las no visor (Figura 35), depois juntar toda a estrutura (Figura 36) com cola quente, cola branca ou fita adesiva. Estimamos que cada conjunto pode custar de R\$8,00 a R\$15,00.

Figura 35 - Lentes polidas e posicionadas no visor dos óculos



Fonte: O autor

Figura 36- Óculos pronto e em uso



Fonte: O autor

Com o objetivo de guiar os estudantes pelos caminhos necessários para alcançar os resultados desejados, optamos na proposta didática por preparar um relatório na forma de questionário, ou seja, contendo perguntas que os alunos deverão responder. O relatório e o plano de aula elaborados foram incluídos no apêndice deste trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia de tornar os estudantes participantes de uma pesquisa de um acidente, que pudesse instigá-los, demonstra a possibilidade que essa ferramenta poderia explorar outras situações de interesse para o Ensino de Física. Durante o desenvolvimento do trabalho pensamos em inserir o estudante na visão de alguém que estivesse no núcleo atômico ou que visse o mundo por meio de velocidades relativísticas próximo à velocidade limite, como sugerido nos contos do livro “O Incrível Mundo da Física Moderna” de George Gamow. O tempo de trabalho não nos permitiu implementar tais possibilidades.

Em minha experiência em sala de aula, como aluno ou como estudante da Licenciatura, tanto nas atividades de estágio da Licenciatura ou no projeto Residência Pedagógica (UNESP CAPES), pude notar que os alunos possuem dificuldades – até mesmo bloqueio - para entender o conteúdo, justamente pela dificuldade de associar o que está sendo passado na lousa com sua vivência pessoal.

Embora ferramentas como computadores, tablets e celulares tenham potencial para tornar o aprendizado mais envolvente e acessível, questões pedagógicas ainda persistem com ou sem o uso de tecnologias.

Em que pesem potenciais benefícios que a RV poderia trazer para o Ensino de Física, ao proporcionar aos estudantes a imersão em ambientes e situações diversas de sua realidade pessoal, sua eventual incorporação nas práticas educacionais exige que os educadores estejam sempre atualizados e dispostos a aprender novas ferramentas e métodos.

O que o estudo realizado permite vislumbrar é que tais dificuldades não devem obscurecer o fato de que RV se tornou mais acessível, com aplicativos de software livre, óculos RV artesanais, aproveitamento de celulares dos próprios estudantes e dos computadores dos próprios professores, para uma maneira criativa de abordar situações para o Ensino de Física.

Além do trabalho que nos propusemos discutir, com conhecimentos de Mecânica, a confecção dos óculos de RV permitiu ir além, com a possibilidade de produzir uma aula de confecção de óculos de realidade virtual, abordando temas da Óptica como produção de lentes esféricas e distância focal. Utilizando apenas materiais de fácil acesso e baixo custo, como papelão e elásticos e deixando opcional a compra ou produção das lentes, que neste segundo caso necessitaria da compra de resina acrílica.

Devido as aulas de Prática de Ensino de Física, foi possível trabalhar esse plano de aula para alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola de Rio Claro – SP. Eu já havia acompanhado esta turma durante 1 mês antes de ter a oportunidade de ministrar a aula, e pude

notar que a maioria dos estudantes não estava interessada em prestar atenção no professor. Quando assumi as aulas, tive o fator curiosidade ao meu favor, porém assim que comecei a apresentar uma aula expositiva sobre conceitos ópticos, apenas 4 dos 17 alunos presentes estavam prestando atenção. Quando propus a eles construir seus próprios óculos de RV, consegui a atenção de outros 10 alunos, o que foi possível formar 3 grupos. Mesmo assim alguns dos alunos se recusaram a participar. Na última aula, chegaram alguns alunos que não estavam presentes anteriormente, que acabaram formando um grupo novo, quando alguns grupos estavam finalizando seus óculos. Nesta oportunidade os alunos que não queriam participar no início viram e começaram a querer participar da prática. Infelizmente não foi possível que todos os grupos terminassem, porém, como os óculos eram apenas um recurso para maior imersão no ambiente, foi possível que os grupos que não conseguiram terminar, fizessem a parte prática do mesmo jeito, interagindo com os materiais finalizados e com os colegas. Apresentando aos alunos o questionário preparado para ser respondido, eles viram o ambiente virtual e os modelos 3D. Com exceção de duas alunas - que estavam dormindo - todos os outros participaram da resolução das questões, uma mudança bastante enfática de participação dos estudantes ante as aulas iniciais, essencialmente expositivas.

Com essa experiência, pude notar que os alunos estavam mais dispostos devido a curiosidade, sendo o conteúdo de Física uma parte do processo. Por mais que eu não tive tempo suficiente para fazer tudo com calma e explicar o conteúdo previamente, a proposta de instigá-los foi alcançada, restando evidente também que é possível utilizar a RV e RA no Ensino de Física, bem como aplicar a prática didática desenvolvida neste trabalho.

7 REFERÊNCIAS

ALZIRA, Ana; MARCELO, Kleer ; THIELO, Resende. A FÍSICA UTILIZADA NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO 1. **Cad.Bras.Ens.Fis.**, v. 14, p. 160–169, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>>. Acesso em: Ago. 2023.

FERREIRA, Ana S. P. et al. **FÍSICA FORENSE: UMA PROPOSTA BASEADA NO ENSINO DE INVESTIGAÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE TEXTOS**. Plataforma espaço Digital, 2022.

FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira** – um ensaio sobre a instrumentação no ensino médio de física. Dissertação (Mestrado), USP: São Paulo. 1978.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física**: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GONÇALVES FILHO, A. e TOSCANO, C. **FÍSICA**: Interação e Tecnologia, 1º ano. 2ª ed. São Paulo: Editora Leya, 2016.

GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Alinea. 2007.

KAZUHITO e FUKU. **Física para o Ensino Médio**, 1º ano. 4ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016.

MASSINI, Gustavo B. **A FÍSICA FORENSE COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO**. Repositório Institucional UFF, 2022.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

ROSA, C. W. et al. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Passo Fundo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 167-178, 2003.

SILVA, A. L. da. **Laboratório didático**: perspectivas experimentais do ensino de física no nível médio. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura – Física) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2012.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 496p.

8 APÊNDICE

Projetos de aula

Física Forense

Proposta de Atividade de Ensino

Professor: João Pedro Amaro Silva Vieira Alves

Escola, série, turma e horário:

Tema Abordado: Física Forense

Data prevista para a aula: / /

- 1) Conteúdos necessários que os alunos precisam ter tido contato anteriormente:
Para aplicação do laboratório de redescoberta, é bom que o aluno já tenha tido os seguintes temas:

- Movimento Uniforme
- Movimento Uniformemente Variado
- Leis de Newton
- Atrito
- Conservação de Energia

2) Objetivos

- a) Quais os conhecimentos que se pretendem que os alunos dominem ao final da aula?

- Aprofundamento nos conteúdos de cinemática e dinâmica
- Noção das leis de trânsito e cuidados

- b) Quais as habilidades?

- Aplicação de conceitos físicos
- Segurança no trânsito
- Solução de problemas reais

3) Conteúdo

- a) Indique detalhadamente todos os passos de desenvolvimento da aula, além de todo o conteúdo teórico, faça um esquema de como essa aula será apresentada, lousa (como o conteúdo será colocado na lousa), apresentação, entre outros.

No início retomaremos os conteúdos de cinemática e dinâmica para nivelar a turma, reapresentando os conceitos de movimento, leis de Newton, atrito e conservação de energia. Depois disso, será introduzido conhecimentos forenses, explicando o que é um físico forense, como é o trabalho e como aplicar os conteúdos passados anteriormente para solucionar problemas reais.

Com tudo apresentado, realizaremos exercícios, para o professor saber se os estudantes entenderam o conteúdo, ou precisará reforçar algum detalhe.

- b) Bibliografia utilizada para a elaboração do roteiro:

MASSINI, Gustavo B. A FÍSICA FORENSE COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO. Repositório Institucional UFF, 2022. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/26413>

FERREIRA, Ana S. P. et al. FÍSICA FORENSE: UMA PROPOSTA BASEADA NO ENSINO DE INVESTIGAÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE TEXTOS. Plataforma espaço Digital, 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/88229>

KLEER, Ana A. et al. A FÍSICA UTILIZADA NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO. Repositório Institucional FURG, 1997 Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/3653/A%20F%C3%ADsica%20utilizada%20na%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20de%20acidentes%20de%20tr%C3%A2nsito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALZIRA, Ana; MARCELO, Kleer ; THIELO, Resende. A FÍSICA UTILIZADA NA INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO 1. Cat.Ens.Fis., v. 14, p. 160–169, 1997. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/3653/A%20F%C3%adsica%20utilizada%20na%20in>

vestiga%3a7%c3%a3o%20de%20acidentes%20de%20tr%c3%a2nsito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 set. 2023.

ARCOS, Melquizedec. CÁLCULO DAS VELOCIDADES DE VEÍCULOS ENVOLVIDOS EM COLISÕES POR MEIO DE ANÁLISE DAS DEFORMAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS ESTRUTURAIS. CÁLCULO DAS VELOCIDADES DE VEÍCULOS ENVOLVIDOS EM COLISÕES POR MEIO DE ANÁLISE DAS DEFORMAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS ESTRUTURAIS, 2018. Disponível em: <https://www.academia.edu/38778606/C%C3%81LCULO_DAS_VELOCIDADES_DE_VE%C3%8DCULOS_ENVOLVIDOS_EM_COLIS%C3%95ES_POR_MEIO_DE_AN%C3%81LISE_DAS_DEFORMA%C3%87%C3%95ES_MEC%C3%82NICAS_DE_PE%C3%87AS_ESTRUTURAIS>. Acesso em: 14 set. 2023.

c) Quais os exercícios mais adequados para o trabalho em sala?

d) Materiais complementares:

i) Indique os recursos didáticos que serão usados, e como eles serão usados:

Para essa prática, serão utilizados recursos tecnológicos de Realidade Virtual para simular um ambiente de perícia e investigação forense, para isso será necessário o uso de celulares ou tablets.

ii) Indique quais sites que os alunos possam consultar ou materiais bibliográficos adicionais:

<https://tour360.meupasseiovirtual.com/059566/219216/tourvirtual/index.html>



4) TAREFAS

- a) Quais tarefas serão pedidas para serem feitas fora da sala de aula? Explique detalhadamente todos os exercícios e quais os conceitos trabalhados em cada uma destas atividades.

Não haverá tarefa para ser feita fora de sala de aula.

5) AVALIAÇÃO

- a) Indique como será avaliado o desempenho dos estudantes e como será apresentado a eles o resultado



RELATÓRIO DO ACIDENTE

Aula de Física Forense

A equipe da polícia forense convocou você para ajudá-los a desvendar o ocorrido em um acidente de trânsito envolvendo um carro com apenas um tripulante.

Informações do Veículo:

- Modelo: Ford Fusion
- Comprimento: 4,87m

- Altura: 1,49m
- Massa: 1.627 Kg

Na colisão, o poste se alojou cerca de 0,27m adentro do carro,

Investigue a cena do acidente e utilize os seus conhecimentos em Física para auxiliar a da Polícia Forense.



- Qual foi o tipo de avaria que o veículo teve?



- Quantos metros o veículo derrapou?

- Qual o tipo de pista e quais as condições dela?



- Quais eram as condições dos pneus?
- Qual o coeficiente de atrito do pneu com a pista?
- Qual o limite de velocidade da pista?
- Qual a velocidade do veículo antes do acidente?
- O veículo estava acima do limite de velocidade?



- Qual a força da colisão?



- Qual a sua hipótese do motivo do acidente?

6) Análise do conteúdo – Indique brevemente:

- a) A importância desse conteúdo para o entendimento de física

Ter conhecimento e habilidades em Física Forense prepara os alunos a resolverem problemas reais do seu cotidiano, que envolve Leis de Newton, Conservação de Energia, forças de atrito, etc.

- b) A relevância para a formação do estudante

Ter conhecimento a respeito de mecânica, por ser uma área da física que estamos em contato o tempo todo, ajudará o aluno a resolver diversos problemas que se deparar em seu cotidiano.

- c) As relações possíveis com o cotidiano dos alunos

Sempre que andamos pela cidade, acabamos nos deparando com algum acidente. O aluno tendo conhecimento das leis de trânsito e conhecimentos físicos, poderá

resolver problemas e gerar soluções quando estiver diante de um problema desses novamente.

d) Quais as relações que poderiam ser estabelecidas com outras disciplinas?

Com poucas alterações no cenário virtual, seria possível acrescentar outros elementos da ciência forense, para abranger toda a área das ciências da natureza.

7) Organização da aula

Indique os procedimentos didáticos que serão utilizados em sua aula	
Aula expositiva	x
Demonstração	x
Experimentação	x
Estudo dirigido	x
Debate	
Simulação	x
Dinâmica de grupo	x
Resolução de exercícios	x
Outros (indique quais)	

Indique os recursos didáticos que serão utilizados em sua aula	
Lousa	x
Vídeo	
Computador	x
Jornal	
Revista	
Apostila	
Livro didático	
Material experimental	x
Outros (indique quais)	