



INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ – IFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
DIRETORIA DE ENSINO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS

RELATÓRIO TÉCNICO DE SOFTWARE
LABORATÓRIO DE PRÁTICA VIRTUAL: UTILIZAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL
COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DA FÍSICA

ANTÔNIO FERNANDO LOIOLA ALVES

Prof. Me. Aislan Rafael Rodrigues de Sousa
ORIENTADOR

PICOS, PI
2024

ANTÔNIO FERNANDO LOIOLA ALVES

LABORATÓRIO DE PRÁTICA VIRTUAL: UTILIZAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL
COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DA FÍSICA

Relatório Técnico de Software apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Orientador: Prof. Me. Aislan Rafael Rodrigues de Sousa

PICOS - PI

2024

RESUMO

A física é uma ampla e importante área de estudo. Contudo, a física, como matéria escolar no ensino médio, traz muitas dificuldades para seus estudantes. No presente estudo foi abordado a utilização de aplicação em realidade virtual como forma de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) aliada ao ensino da física no ensino médio. A partir de uma revisão sistemática acerca da experimentação virtual no ensino de Física, destacou-se pontos importantes no uso da prática, como a possibilidade de visualização de conceitos abstratos; facilidade e agilidade com que os experimentos ficam prontos para uso; a alta capacidade de reprodução; dentre outros benefícios. Desta forma, desenvolveu-se uma aplicação *mobile* em realidade virtual no formato de laboratório de práticas, com o intuito de tornar os experimentos mais acessíveis, dinâmicos e com um baixo custo de replicação. A aplicação foi testada por estudantes do 2º ano do ensino médio do Instituto Federal do Piauí, Campus Picos. Em seguida, os discentes responderam a algumas perguntas acerca do *app*, a fim de atestar a capacidade do *software* de cumprir com o que o estudo propõe. Por fim as informações foram analisadas. Concluiu-se que o sistema é uma alternativa relevante para o auxílio do ensino de física, entretanto ainda há pontos que podem ser melhorados e questões pontuais que precisam de um estudo mais aprofundado com o intuito de tornar a ferramenta efetiva para todos os tipos de usuários.

***Palavras-chave:** TDIC; realidade virtual; laboratório virtual.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo Geral	6
2.2 Objetivos Específicos	6
3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	7
3.1 TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS	7
3.2 MODELAGEM DO PROJETO	7
3.2.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	8
3.2.2 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO	11
3.4 INTERFACE	12
4 APLICAÇÃO DO SOFTWARE	20
5 RESULTADOS	21
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A física é uma ampla e importante área de estudo, definida pelo Dicionário *Houaiss* da Língua Portuguesa (Houaiss, Villar, 2009) como a “ciência que investiga as leis do universo no que diz respeito à matéria e à energia, que são seus constituintes, e suas interações [...]”. Contudo, a física, como matéria escolar no ensino médio, traz muitas dificuldades para seus estudantes, como comprovado por Antonowiski, Alencar e Rocha (2017) em que afirma que o fato pode ser evidenciado pelo alto nível de reprovação de alunos nessa matéria.

Silva e Mercado (2018) destacam vários pontos relevantes sobre o uso da Realidade Virtual (RV) no ensino de Física, a partir de uma revisão sistemática acerca da experimentação virtual. Entre esses pontos, ressalta-se a possibilidade de visualização de conceitos abstratos. Além disso, enfatizam o curto tempo necessário para a preparação dos experimentos, muitas vezes limitando-se ao simples ato de reiniciar os exemplos dentro da aplicação. Outro aspecto crucial abordado é a capacidade de replicação, bem como a facilidade e rapidez na modificação dos parâmetros dos experimentos, inclusive permitindo sua realização a distância.

Para tal, o presente projeto abordou a utilização de aplicação em RV, como forma de Tecnologia Digital da Informação e Comunicação (TDIC) aliada ao ensino da física no ensino médio. A aplicação buscou demonstrar conceitos de óptica de forma prática e de fácil reprodução em sala de aula. Foi utilizado o *Google Cardboard®* como dispositivo para a utilização da RV. Essa ferramenta é uma iniciativa do *Google®* para tornar o acesso a tecnologia de realidade virtual mais acessível, substituindo dispositivos de alto preço por um equipamento mais barato, construído com material de fácil obtenção.

Por fim, a ferramenta foi submetida a testes em sala de aula com alunos do ensino médio do Instituto Federal do Piauí (IFPI) - Campus Picos. Após a utilização, os estudantes foram fornecidos com um formulário contendo perguntas relacionadas à experiência com o aplicativo. As respostas coletadas foram posteriormente compiladas e organizadas em gráficos, proporcionando uma avaliação abrangente sobre a eficácia e a aceitação do produto pelos alunos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma aplicação utilizando a realidade virtual, na configuração de laboratório de prática, para auxiliar o ensino da física em instituições do ensino médio.

2.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar a respeito da realidade virtual aplicada ao ensino da física;
- Propor uma aplicação *mobile* que demonstre conceitos de física utilizando a realidade virtual;
- Implementar a aplicação para o ensino da física aos alunos;
- Avaliar a usabilidade, acessibilidade e impacto na aprendizagem dos alunos a partir da utilização do software, por meio de questionário com o público alvo.

3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

3.1 TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS

Foi desenvolvido um *software* em realidade virtual para dispositivos móveis utilizando os programas *Visual Studio Code* (VSC) e *Unity* (Quadro 1). O VSC é um *software* editor de código fonte utilizado para criar a lógica por trás da aplicação. Já a *Unity*, é uma ferramenta usada para a criação de jogos, embora no projeto o seu uso tenha sido destinado a elaboração e montagem do cenário, com base nas estruturas reais de um laboratório de física, utilizando-se do C++ como linguagem de programação.

QUADRO 1: Tecnologia utilizadas para o desenvolvimento do *software*.

Tecnologia	Versão	Descrição
UNITY	2019.4.8f1	<i>Unity</i> , é um motor de jogo proprietário criado pela <i>Unity Technologies</i> .
C++	C17	C++ é uma linguagem de programação compilada multi-paradigma e de uso geral. Desde os anos 1990 é uma das linguagens comerciais mais populares, sendo bastante usada também na academia, por seu grande desempenho e base de utilizadores.
VSCODE	1.85.1	O <i>Visual Studio Code</i> é um editor de código-fonte desenvolvido pela <i>Microsoft</i> para <i>Windows</i> , <i>Linux</i> e <i>macOS</i> . Ele inclui suporte para depuração, controle de versionamento <i>Git</i> incorporado, realce de sintaxe, complementação inteligente de código, <i>snippets</i> e refatoração de código.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 MODELAGEM DO PROJETO

Neste tópico, aborda-se a parte técnica do projeto, apresentando suas tecnologias e especificações do *software*.

3.2.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Para caracterizar os usuários e suas necessidades, foram criadas três *Personas* distintas, cada uma representando um conjunto específico de usuários e suas demandas. As *Personas* funcionam como representações fictícias, porém concretas, dos usuários para os quais o sistema foi desenvolvido. Essa abordagem, conforme definida por Adlin e Pruitt (2010), proporcionou uma visão mais clara e tangível dos potenciais usuários do sistema. Cada *Persona* foi elaborada de forma a exemplificar e caracterizar o perfil dos usuários-alvo, destacando suas particularidades e requisitos específicos, o que contribuiu significativamente para orientar o design e a funcionalidade do sistema, garantindo uma abordagem mais centrada no usuário.

As Figuras 1, 2 e 3 demonstram o modelo de *persona* empregado no estudo.

FIGURA 1: Modelo de *persona* 1



Fonte: Autoria própria.

No primeiro exemplo (Figura 1), apresenta-se Fernando, um professor de física de 40 anos, casado e com renda média. Fernando gosta de ensinar e valoriza a singularidade de cada aluno, reconhecendo que alguns enfrentam mais

dificuldades que outros. Consciente da complexidade teórica da física, ele percebe que a matéria pode se tornar tediosa e desmotivadora para os estudantes. Diante disso, Fernando sente a necessidade de revitalizar suas aulas, buscando torná-las mais interativas e interessantes. Seu objetivo é capturar a atenção dos alunos, proporcionando uma experiência de aprendizado envolvente que facilite a absorção do conteúdo. Essa *Persona* reflete a preocupação de Fernando com a qualidade do ensino, destacando seu desejo de inovação pedagógica para melhor engajar seus alunos.

FIGURA 2: Modelo de *persona* 2



Fonte: Autoria própria.

Na segunda *persona* (Figura 2), tem-se Lucas, um estudante de 14 anos com baixa renda, apaixonado por videogames e tecnologia. Embora ele demonstre interesse na área tecnológica, sua atenção nas aulas muitas vezes é dispersa, resultando em dificuldades para acompanhar as explicações. Imerso no mundo da tecnologia em sua rotina diária, Lucas acredita que a incorporação de abordagens mais dinâmicas e o uso de tecnologias como ferramentas de ensino poderiam tornar o conteúdo mais compreensível. Ele acredita que essa abordagem o motivaria a participar mais ativamente das aulas. Essa *persona* destaca a importância de estratégias inovadoras para engajar alunos, especialmente aqueles com afinidade tecnológica.

FIGURA 3: Modelo de *persona* 3.



Fonte: Autoria própria.

Por fim, temos Marcelo, um estudante de 16 anos com baixa renda. Devido às suas dificuldades de aprendizado, ele enfrenta desmotivação na sala de aula, sendo a física sua disciplina mais desafiadora devido à sua natureza complexa e predominantemente teórica. Agravando a situação, a escola onde estuda não dispõe de laboratório para práticas em física, e os recursos para aquisição de materiais necessários para experimentos práticos são limitados. Marcelo sente que poderia aprender mais se pudesse ver na prática por meio de experimentos o conteúdo que é ministrado de forma habitual. Essa *persona* destaca a importância de abordagens práticas e acessíveis para alunos com desafios específicos, ressaltando a necessidade de recursos que permitam uma compreensão ampliada dos conceitos abordados em sala de aula.

Com base nas *personas* desenvolvidas, foram elaborados requisitos para o *software*, os quais estão apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2: Requisitos funcionais e não funcionais.

Requisito funcional	Descrição
RF01	Demonstrar experimentos laboratoriais de física no formato de realidade virtual.

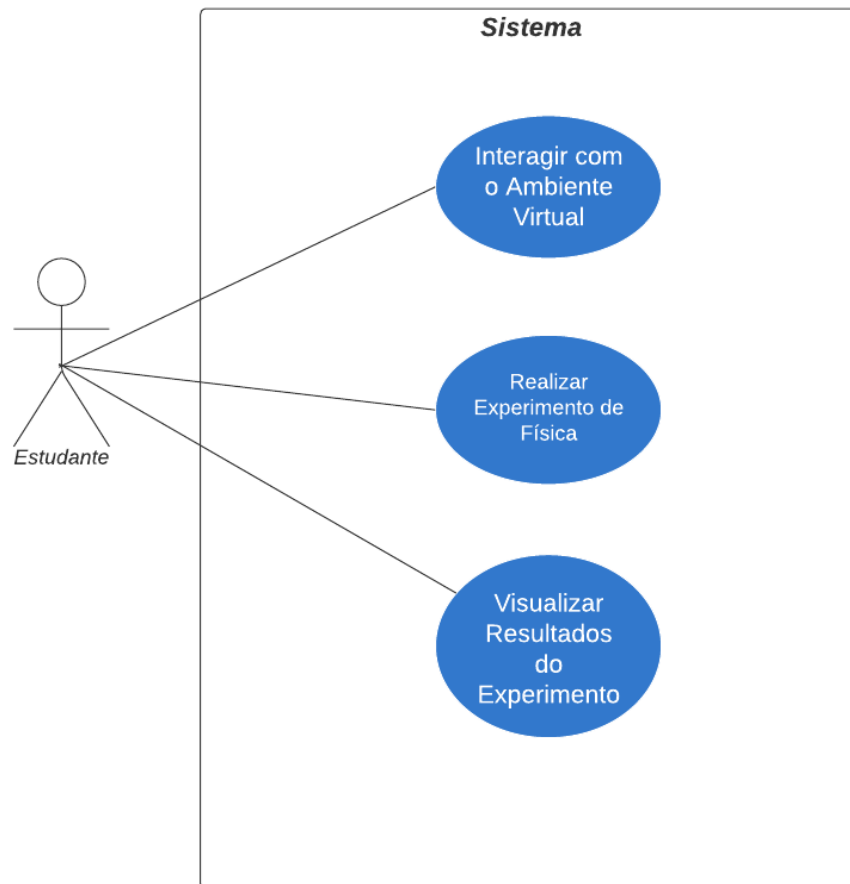
RF02	Deve ser possível adicionar mais experimentos ao sistema.
RF03	O sistema deve permitir que o usuário interaja com os experimentos.
RF04	Deve ser possível navegar entre os experimentos passando e retrocedendo entre os mesmos.
Requisito não funcional	Descrição
RNF01	O sistema deve rodar nos aparelhos celulares desde que o dispositivo contenha a tecnologia de giroscópio.
RNF02	O sistema deve reproduzir os experimentos quantas vezes forem necessárias.
RNF03	O sistema deve ser intuitivo dispensando a necessidade de tutorial.

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

A fim de compreender melhor o sistema, foi elaborado um diagrama de caso de uso, que apresentava de maneira simples as interações do usuário com o software. O objetivo desse diagrama, seguindo a notação UML(Lucidchart), era ilustrar as diversas formas pelas quais o usuário poderia interagir com o sistema. Essa representação visual foi uma ferramenta eficaz para proporcionar uma visão geral das funcionalidades e das relações entre os elementos do sistema.

FIGURA 4: Diagrama de caso de uso.



Fonte: Autoria própria.

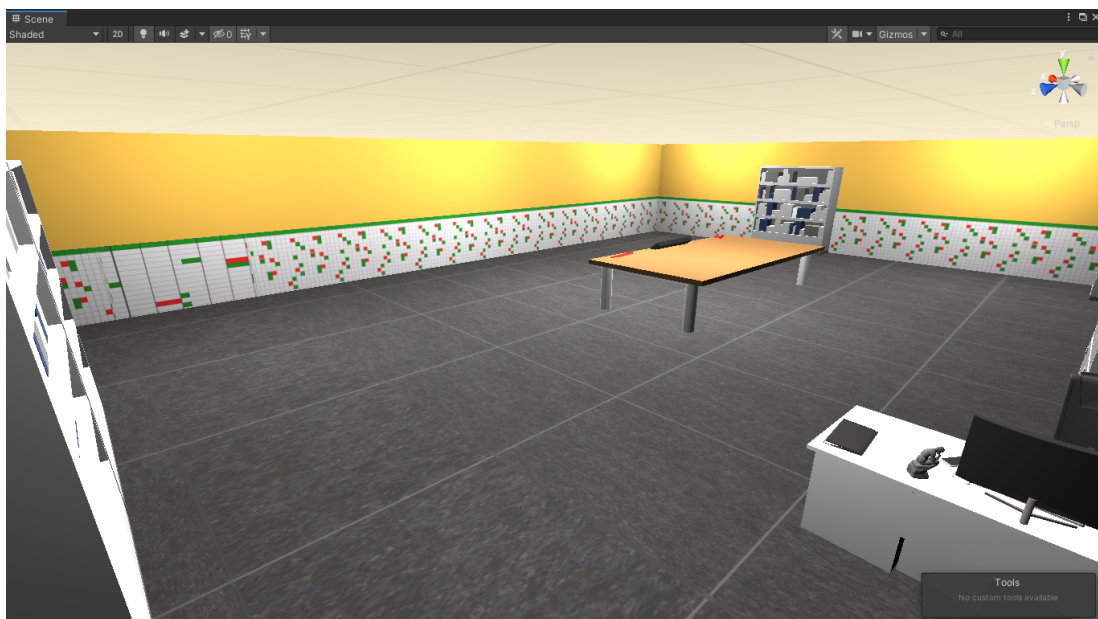
No diagrama de caso de uso apresentado, foram identificados três casos fundamentais. O primeiro, "Interação com o Ambiente Virtual", permite ao estudante interagir diretamente com o ambiente virtual, simplificando a navegação. O segundo, "Realização do Experimento de Física pelo Estudante no Ambiente Virtual", capacita o estudante a conduzir experimentos de física de maneira prática e interativa. Por fim, o caso de uso "Visualização dos Resultados do Experimento Realizado" possibilita ao estudante acessar de forma clara e compreensível os resultados obtidos nos experimentos conduzidos no ambiente virtual, promovendo uma compreensão mais aprofundada dos dados e conclusões experimentais. Esses casos de uso delimitam as interações-chave do estudante com o sistema, evidenciando as etapas essenciais na utilização do ambiente virtual para experimentos de física.

3.4 INTERFACE

Dentro da aplicação foram produzidas cenas (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9) que demonstram os conceitos físicos de forma prática, por meio da realidade virtual, da utilização de recursos 3D e imagem com angulação de 360°, permitindo aos estudantes interagir com o meio virtual utilizando um óculos VR (óculos de realidade virtual).

O cenário da aplicação (Figura 5) foi criado baseado nos laboratórios do IFPI, apesar de objetos como prateleiras, computador e outros itens presentes no cenário não possuírem interação com o usuário, os mesmos foram adicionados a fim de que a aplicação fornecesse ao participante uma experiência o mais próximo possível de um laboratório real. Todos os experimentos são executados sobre a mesa presente no centro da sala.

FIGURA 5: Criação do cenário da aplicação no programa *Unity*.

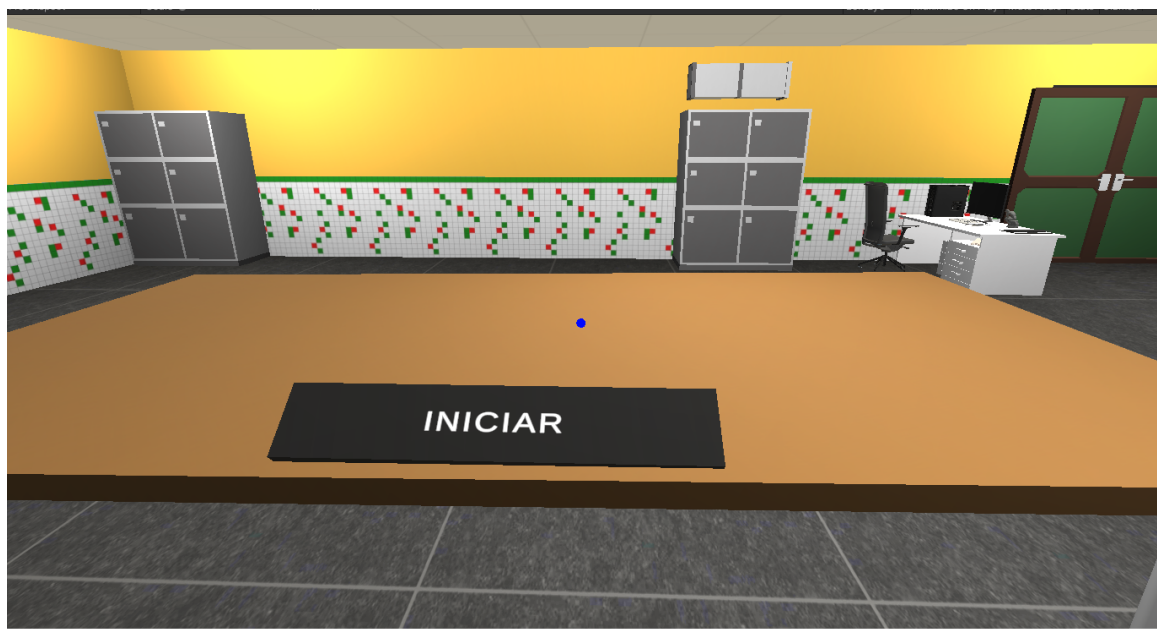


Fonte: Autoria própria.

Ao iniciar a aplicação o usuário era apresentado a uma mesa com o botão de iniciar (Figura 6), que poderia ser acionado ao colocar o ponto azul que representa o ponto de foco do usuário sobre o mesmo. Todas as ações realizadas dentro do *app* se deram da mesma forma, ou seja, usando o ponto de foco (ponto azul) para realizar ações ao colocá-lo sobre os botões de interação. Além disso os experimentos em sua totalidade possuíam áudio explicando o conteúdo e dando

informações adicionais como a possibilidade de passar e retroceder os mesmos (Figura 7).

FIGURA 6: Tela inicial da aplicação



Fonte: Autoria própria.

FIGURA 7: Botões de passar e retroceder os experimentos



Fonte: Autoria própria.

Após a inicialização, o usuário foi apresentado a um novo botão (Figura 8), que serviu como ponto de entrada para informações essenciais. Ao acionar esse

botão, uma experiência multimídia foi desencadeada, introduzindo com um áudio explicativo sobre o tema dos experimentos, que neste caso é óptica.

FIGURA 8: Tela inicial da aplicação



Fonte: Autoria própria.

Ao acionar o botão de próximo dava-se o primeiro conteúdo, denominado fonte de luz (Figura 9). O aluno foi então apresentado a uma luminária, um botão de ligar/desligar e ao áudio que explicava o assunto. Uma fonte de luz primária é aquela que emite luz própria, neste caso a luminária. Já a fonte de luz secundária é qualquer coisa que receba luz, como árvores ou pessoas (no exemplo tinha-se a mesa como fonte de luz secundária).

FIGURA 9: Fontes de luz primárias e secundárias



Fonte: Autoria própria.

Na etapa seguinte o discente avançou para o princípio de propagação retilínea da luz (Figura 10) que diz que a mesma sempre se propaga em linha reta. Nele era possível, através dos dois botões, girar a luminária de um lado para o outro no seu próprio eixo, enquanto a linha vermelha era usada para mostrar que a luz segue sempre em linha reta.

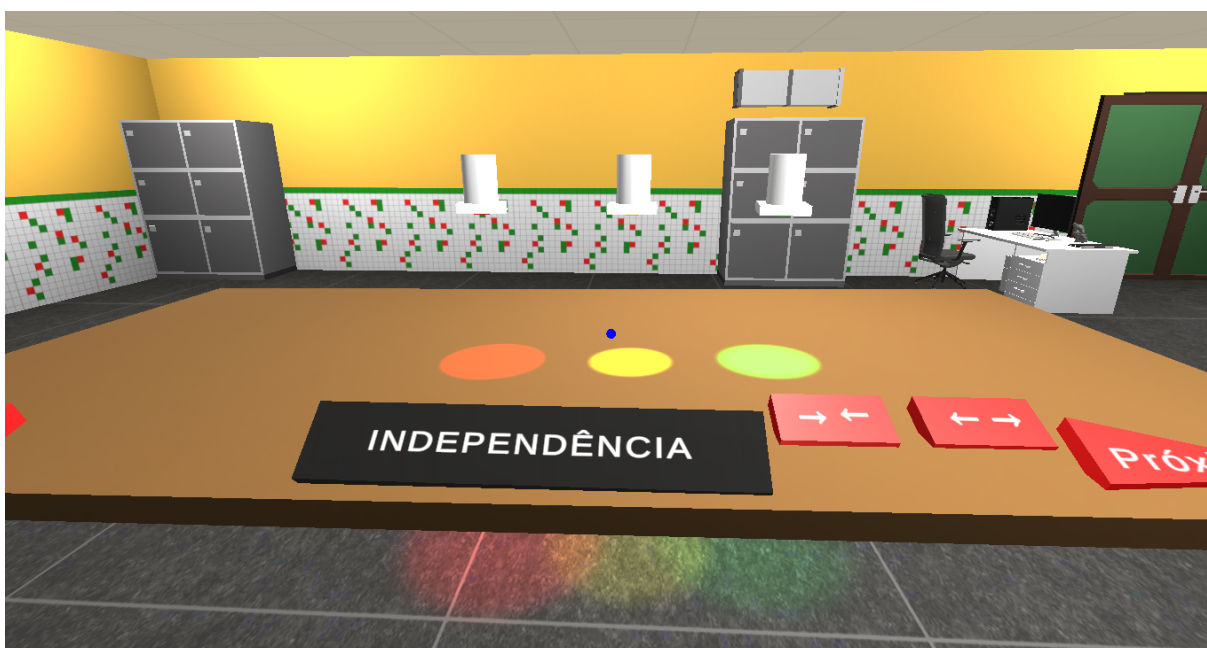
FIGURA 10: Princípio da Propagação Retilínea



Fonte: Autoria própria.

Posteriormente, teve-se os princípios da óptica geométrica e independência dos raios de luz (Figura 11). Neste, o áudio explicou acerca da óptica geométrica, que em resumo, interpreta a luz como segmentos de reta, chamados raios de luz e sobre a independência dos raios de luz, sendo estes independentes, podendo se cruzar, não ocasionando nenhum tipo de mudança em relação à direção seguida por eles. Para exemplificar o caso, era possível girar as luminárias das extremidades a partir dos botões apresentados, de modo que a luz emitida por cada uma pudesse se cruzar, porém sem interferência umas nas outras.

FIGURA 11: Princípios da óptica geométrica/Princípios da independência dos raios de luz.



Fonte: Autoria própria.

Ao avançar, era demonstrado sobre o princípio da reversibilidade dos raios de luz (Figura 12). O narrador atestava o princípio por meio do seguinte exemplo: “quando vemos alguém por meio de um espelho, com toda certeza essa pessoa também será capaz de nos ver. Assim, raios de luz sempre serão capazes de fazer exatamente o mesmo caminho na direção inversa”. No exemplo era possível interagir com a luminária através dos botões, a fim de fazer com que a luz incidisse sobre o espelho e fosse refletida, retornando pelo caminho inverso.

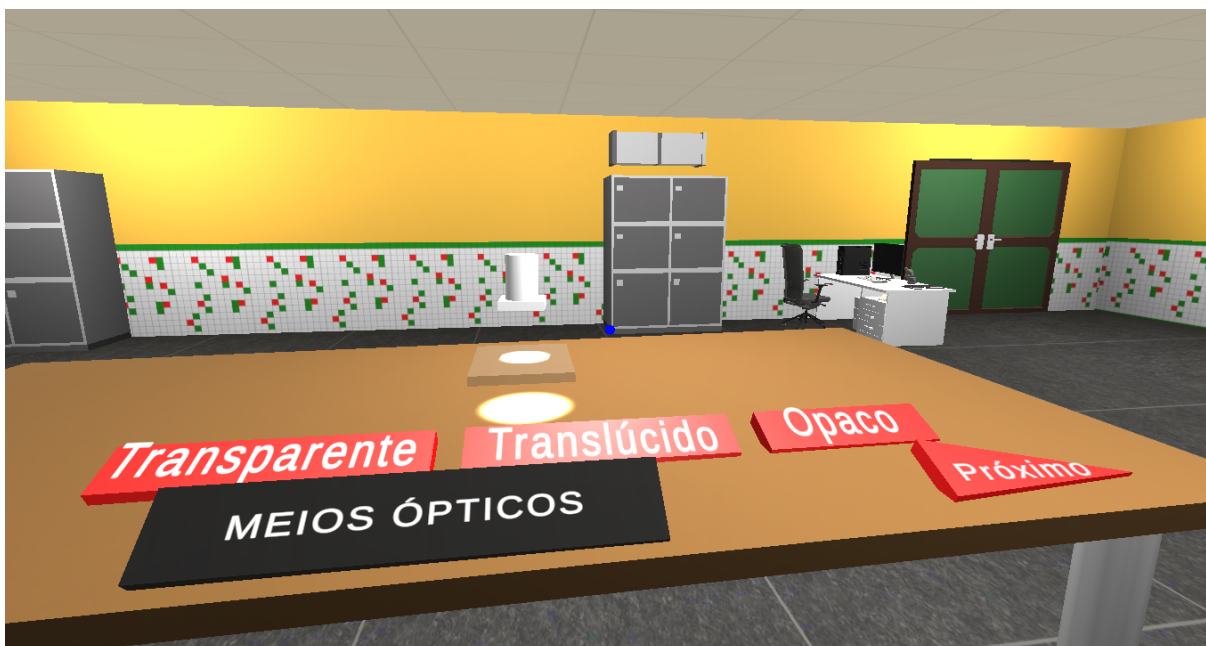
FIGURA 12: Princípios da reversibilidade dos raios de luz.



Fonte: Autoria própria.

Como último caso, tinha-se os meios ópticos (Figura 13), que eram classificados em transparentes, translúcidos ou opacos. No teste proposto, o usuário poderia selecionar os botões referentes a cada tipo, trocando assim o material que estava sendo atravessado pela luz, permitindo a verificação do comportamento da luz ao transpassar cada tipo de material .

FIGURA 13: Meios ópticos.



Fonte: Autoria própria.

4 APLICAÇÃO DO SOFTWARE

O projeto foi aplicado em uma turma do 2º ano do ensino médio do IFPI, campus Picos, no ano de 2022. A escolha da turma se deu pelo fato do tema abordado na aplicação (óptica) ser um dos assuntos estudados pelos alunos dessa classe no momento da pesquisa.

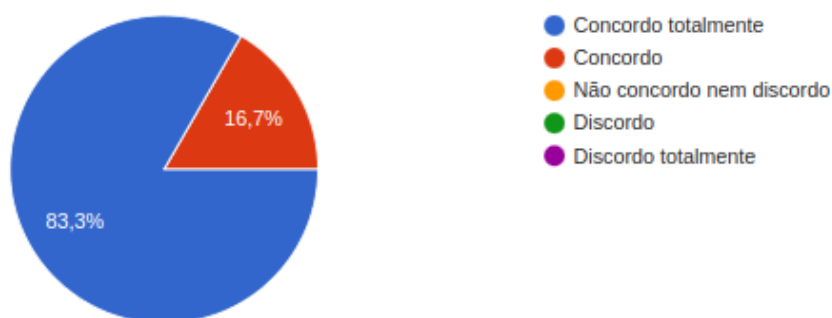
Devido a escassez de recursos financeiros, no que se refere a aquisição dos óculos VR, apresentou-se o *software* aos alunos de maneira individual em uma sala reservada. Elaborou-se um questionário qualitativo a partir da aplicação *Google forms*, visando cobrir as principais questões a respeito da importância, usabilidade e finalidade do sistema, a fim de compreender se o *software* supria as necessidades do público alvo. Ao término do teste, os estudantes foram convidados a responder o questionário.

5 RESULTADOS

Os resultados a seguir foram obtidos a partir do questionário respondido pelos alunos do 2º ano do ensino médio do IFPI, campus Picos, no ano de 2022. Ao todo foram entrevistados 18 alunos.

O Figura 14 apresenta a porcentagem de alunos que responderam a prerrogativa “O sistema estimula a aprendizagem sobre o conteúdo abordado?”. Ao todo, 83,3% disseram concordar totalmente e os outros 16,7% marcaram que concordam, indicando um alto nível de satisfação e percepção positiva em relação ao estímulo à aprendizagem proporcionado pelo sistema.

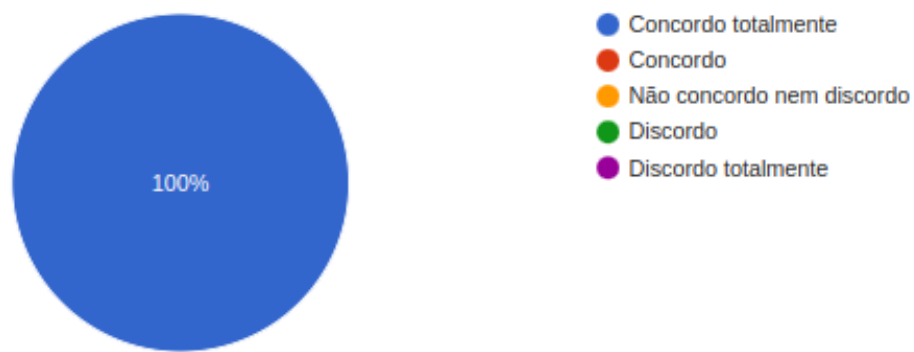
FIGURA 14: Estímulo do sistema na abordagem do conteúdo.



Fonte: Autoria própria.

Em relação à questão “O sistema apresenta informações necessárias para melhorar a compreensão do conteúdo?” (Figura 15), 100% dos alunos afirmaram concordar totalmente. O que sugere uma alta satisfação dos alunos em relação à capacidade do sistema em fornecer informações essenciais para aprimorar sua compreensão do conteúdo abordado.

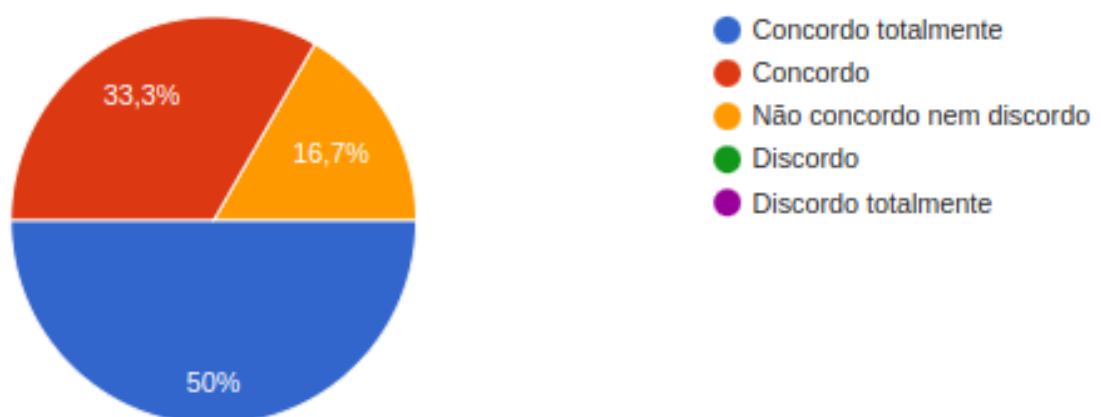
FIGURA 15: Informações necessárias apresentadas pelo sistema para melhorar a compreensão do conteúdo.



Fonte: Autoria própria.

Analizando os resultados da questão "O sistema transmite as informações de modo simples?" apresentados no Figura 16, observou-se uma variedade de respostas, indicando diferentes percepções por parte dos alunos em relação à clareza na transmissão de informações, com 50% dos alunos afirmaram concordar totalmente, 33,3% disseram concordar e 16,7% não concordaram nem discordaram. Essa denota a lógica de que embora um conteúdo pudesse parecer simples para um discente, para outro poderia ter uma dificuldade maior de entendimento.

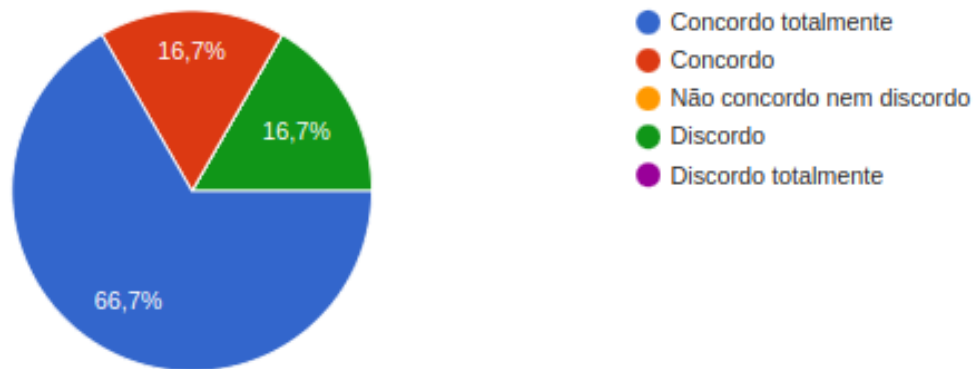
FIGURA 16: Facilidade na transmissão de informações pelo sistema.



Fonte: Autoria própria.

Quando indagados se "O sistema desperta seu interesse para utilizá-lo?" (Figura 17), houve disparidade nas respostas, com 33,7% dos estudantes relatando concordar totalmente, 16,7% concordar e os outros 16,7% discordar. É importante entender os interesses do público alvo a fim de elevar a atratividade do sistema e identificar os fatores que podem reduzir o interesse dos estudantes em utilizá-lo.

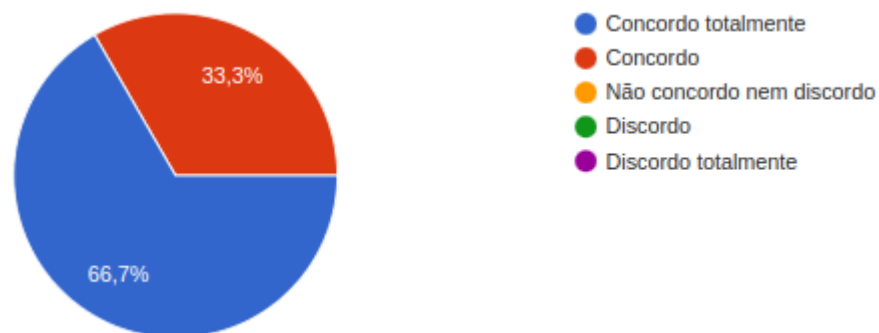
FIGURA 17: Atratividade do sistema.



Fonte: Autoria própria.

Acerca da questão “O sistema oferece interação, envolvimento ativo no processo educativo?” (Figura 18), 66,7% dos entrevistados concordam totalmente e 33,3% concordam. Isso é indicativo de que participantes reconheceram o sistema como uma estratégia de interação e envolvimento ativo, embora talvez com ressalvas já que nem todos concordaram totalmente.

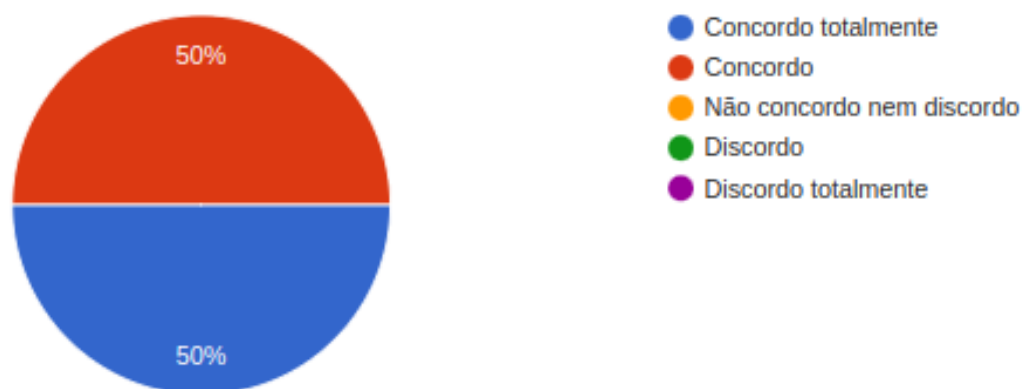
FIGURA 18: Oferecimento de interação e envolvimento ativo no processo educativo.



Fonte: Autoria própria.

Os alunos também foram interrogados a respeito de “O sistema tornou os experimentos mais simples e seguros?” (Figura 19), 50% dos mesmos disseram concordar totalmente e os outros 50% concordam. A avaliação positiva pode estar associada ao fato de não necessitarem realizar os experimentos manualmente, evitando-se assim os riscos físicos ou de erros na manipulação dos materiais.

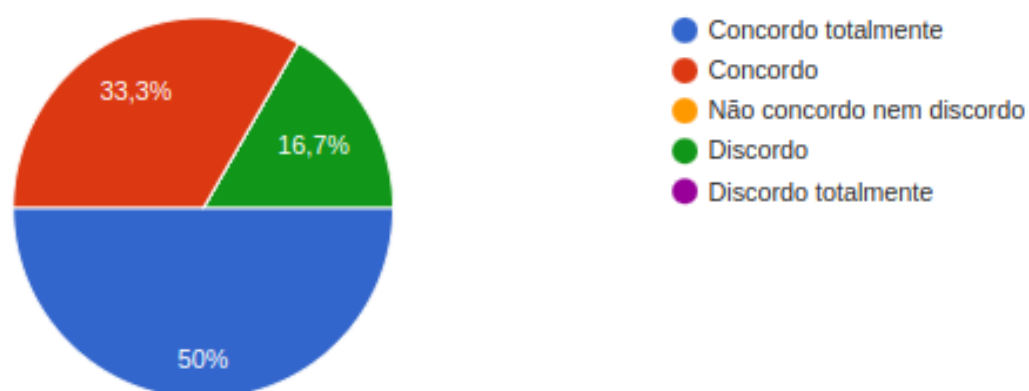
FIGURA 19: Simplicidade e segurança dos experimentos realizados no sistema.



Fonte: Autoria própria.

Sobre a questão “O sistema ajudou a complementar o conhecimento adquirido em sala de aula?” (Figura 20), 50% dos alunos afirmaram concordar totalmente, 33,3% concordam e 16,7% discordam. É importante analisar se o conteúdo é diferente do fornecido pela instituição, ou se esse se distorce da realidade vivenciada pelos discentes, a fim de orientar ajustes para melhorar a eficácia do sistema como uma ferramenta complementar ao aprendizado em sala de aula.

FIGURA 20: Complementaridade do sistema aos conhecimentos adquiridos em sala de aula.

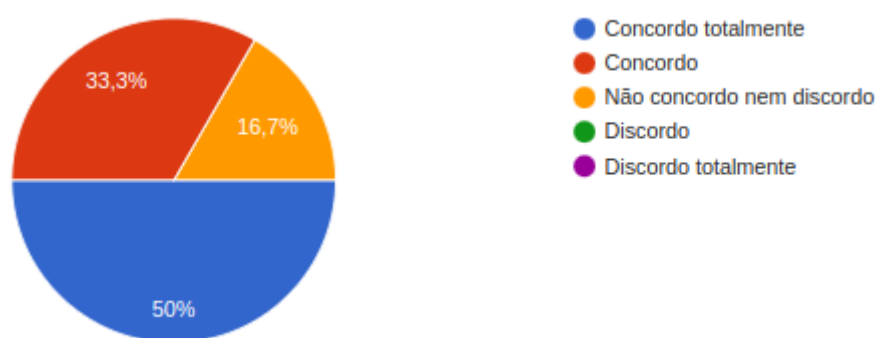


Fonte: Autoria própria.

Para o último questionamento (Figura 21), “Na sua opinião, o uso da realidade virtual facilitaria a compreensão de conceitos da física e outras matérias?”, 50% responderam que concordam totalmente, 33,3% disseram concordar e 16,7%

não concordam nem discordam. Apesar de metade das respostas terem sido positivas, uma pequena parte afirmou discordar, levantando questionamentos sobre quais aspectos contribuem para tais colocações e o que pode ser feito para sanar tais problemas.

FIGURA 21: Uso da realidade virtual como estratégia para facilitar a compreensão dos conceitos de física e outras matérias.



Fonte: Autoria própria.

Os dados obtidos através do questionários, demonstraram uma boa adesão do público alvo ao sistema, com perspectivas individuais acerca do incremento do ensino através da realidade virtual.

Existem ainda pontos que precisam ser esclarecidos, como a eficácia da transmissão simples de informações pelo sistema e o uso da realidade virtual para facilitar a compreensão dos conceitos de física e outras disciplinas. Embora a maioria tenha respondido positivamente a ambas as questões, uma pequena parcela dos participantes optou por não concordar ou discordar, gerando incerteza quanto aos motivos dessa neutralidade. Pode ser devido à falta de compreensão da pergunta, incerteza sobre a eficácia da realidade virtual no ensino, ou diferenças no conhecimento prévio dos conteúdos abordados pelo sistema, resultando em uma compreensão limitada dos experimentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *feedback* dos usuários revela que o sistema efetivamente motiva os alunos a se dedicarem ao estudo da física. Os resultados da pesquisa destacam que 100% deles concordam com esse estímulo. Além disso, a ferramenta se destaca ao apresentar informações de maneira aprimorada para melhorar a compreensão do conteúdo. Proporciona interação ativa no processo educativo, envolvendo os alunos de forma participativa no aprendizado. A simplificação dos experimentos e o aumento da segurança ao realizá-los também foram apontados como fatores positivos, todos recebendo concordância categórica por parte dos entrevistados.

Durante a realização, algumas dificuldades foram encontradas, como a descontinuação de bibliotecas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do app. A falta de conhecimento técnico prévio em desenvolvimento em C++ utilizando Unity também contribuiu para atrasos na conclusão do software. Além disso alguns problemas relatados pelos alunos submetidos ao sistema, como tontura ao término do experimento, náuseas e desconforto ao usar o dispositivo de RV por tempo prolongado, o último caso foi mais comum em indivíduos que utilizavam óculos de grau, evidenciando a necessidade de supervisão e acompanhamento dos estudantes durante o uso da aplicação a fim de evitar danos.

No mais, vale destacar que a aplicação recebeu vários elogios dos usuários e do professor de física do instituto, que cedeu suas aulas para a aplicação do projeto. Baseado nos fatos apresentados pode-se perceber que a RV tem grande potencial como ferramenta para auxiliar o ensino de física e o laboratório de prática virtual se mostrou uma ferramenta formidável para este fim, porém a espaço para melhorias e novos estudos a fim de resolver os problemas mencionados pelos usuários.

REFERÊNCIAS

ADLIN, T.; PRUITT, J. **The Essential Persona Lifecycle: Your guide to building and Using Personas**. Oxford, England: Morgan Kaufmann, 2010.

ANTONOWISKI, R.; ALENCAR, M.V.; ROCHA L. C. T. **Dificuldades encontradas para aprender e ensinar física moderna**. Scientific Eletronic Archives, vol. 10, n. 4. 2017. Disponível em: <<https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/384>>. Acesso em: 23 de junho de 2023.

COSTA, R. C., et al. **Desenvolvimento de objetos de aprendizagem para o ensino de Física usando realidade virtual (RV)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, 2018. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/11155>>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

DA SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L. **Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de Física**. Ensino & Pesquisa, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/2381>>. Acesso em: 25 de junho de 2023.

FALCÃO, E. L.; MACHADO, L. S. **Um laboratório virtual tridimensional e interativo para suporte ao ensino de Física**. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 2010. p. 1285-1293. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267806629_Um_Laboratorio_Virtual_Tridimensional_e_Interativo_para_Suporte_ao_Ensino_de_Fisica>. Acesso em: 30 de junho de 2023.

DE SANTANA, C. M. F. et al. **Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson**. Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia, v. 18, n. 1, p. 49-58, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbgg/a/ZJ7zsKxp57f7Fq58DzkDJyD/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 30 de Junho de 2023.

Diagrama de caso de uso UML: O que é, como fazer e exemplos. Disponível em: <<https://www.lucidchart.com/pages/pt/diagrama-de-caso-de-uso-uml>>. Acesso em: 1 jan. 2024.

GARLAN, D.; PERRY, D. E. **Introduction to the special issue on software architecture**. IEEE Trans. Software Eng., v. 21, n. 4, p. 269-274, 1995.

GARCÍA, C. L.; ORTEGA, C. A. C.; ZEDNIK, H. **Realidade Virtual e Aumentada: Estratégias de Metodologias Ativas nas Aulas sobre Meio Ambiente**. Informática na educação: teoria & prática, v. 20, n. 1 jan/abr, 2017. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/70613>>. Acesso em: 25 de junho de 2023.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Elaborado no Instituto Antonio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IGNÁCIO, Y. C. **Virtual lab**: laboratório de química em realidade virtual como ferramenta de apoio ao ensino. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação)- Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/49799>>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

KAZMAN, R.; ASUNDI, J.; KLEIN, M. **Quantifying the costs and benefits of architectural decisions**. In: Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering. ICSE 2001. IEEE, 2001. p. 297-306.

LOPES, A. M. Z. et al. **O uso das tecnologias digitais na sala de aula invertida: relato de experiência**. Anais do CIET:EnPED:2020 - (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância), São Carlos, ago. 2020. ISSN 2316-8722. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1424>>. Acesso em: 25 março de 2021.

MACHADO, S. C. **Análise sobre o uso das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICS) no processo educacional da geração internet**. RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 14, n. 2, 2016. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/70645>>. Acesso em: 25 de Junho de 2023.

MARQUES, M. et al. **A integração das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) no ambiente escolar**. Ágora – A revista científica da FaSaR, nº 01, 2017. Disponível em: <<https://www.fasar.com.br/revista/index.php/agora/article/view/21>>. Acesso em: 23 de Junho de 2023.

MAZZETTO, G. M. C. **A contribuição das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC): uma possibilidade para o ensino da história**.

MOYA, E. J. G., et al. **El analfabetismo digital en docentes limita la utilización de los EVEA**. Revista Publicando, v. 3, n. 8, p. 24-36, 2016. Disponível em: <<https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/175>>. Acesso em: 25 de junho de 2023.

PEDROSA, S. M. P. de A.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M. A. **Realidade virtual e realidade aumentada**: refletindo sobre usos e benefícios na educação. Revista Educação e Cultura Contemporânea, v. 16, n. 43, p. 123-146, 2019. Disponível em: <<http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/reeduc/article/viewArticle/6258>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

SANTANA, S. L. C. et al. **O ensino de ciências e os laboratórios escolares no Ensino Fundamental**. VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde, v. 31, n. 1, p. 15-26, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/vittalle/article/view/8310>>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

SILVA, B.; DUARTE, E.; SOUZA, K. **Tecnologias digitais de informação e comunicação**: artefactos que potencializam o empreendedorismo da geração digital. In: MORGADO, J. C.; SANTOS, L. L. C. P.; PARAÍSO, M. A. (Org.),

ESTUDOS CURRICULARES. UM DEBATE CONTEMPORÂNEO. Editora CRV, Curitiba, p. 165-179. ISBN: 978-85-8042-775-2.

SILVA, E.; OLIVEIRA, A. J.; PEREIRA, S. A. S. M. ., & COUTINHO, D. J. G. C. (2021). **Tecnologias educacionais e os desafios da inclusão digital para a prática docente**. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 7(2), 12. DOI: <<https://doi.org/10.51891/rease.v7i2.599>>. Acesso em: 23 de junho de 2023.

SILVA, G. C.; DE SOUSA, P. M. **O uso da realidade virtual para o ensino de física quântica Use of virtual reality in learning of quantum physics**. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299665971_O_uso_da_realidade_virtual_para_o_ensino_de_fisica_quantica_Use_of_virtual_reality_in_learning_of_quantum_physics>. Acesso em: 03 de junho de 2023.