



STEPHANNY MEIRYSSA DOS SANTOS ALVES RAMOS

PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA A DISTÂNCIA: DESENVOLVIMENTO DE
UMA APLICAÇÃO COM ARDUÍNO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE
REFLEXÃO DA LUZ

MACEIÓ
2023

STEPHANNY MEIRYSSA DOS SANTOS ALVES RAMOS

**PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA A DISTÂNCIA: DESENVOLVIMENTO DE
UMA APLICAÇÃO COM ARDUÍNO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE
REFLEXÃO DA LUZ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alagoas no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Wandearley da Silva Dias.

Coorientador:

Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos.

MACEIÓ
2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

R175p Ramos, Stephanny Meiryssa dos Santos Alves.

Práticas experimentais de física a distância : desenvolvimento de uma aplicação com arduino para a realização do experimento de reflexão da luz / Stephanny Meiryssa dos Santos Alves Ramos. – 2023.
[89] f. : il. ; figs. ; graf. color.

Orientador: Wandearley da Silva Dias.

Co-orientador: Frederico Salgueiro Passos.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Maceió, 2023.

Inclui produto educacional.

Bibliografia: f. 62-64.

Apêndice: f. 66-[89].

1. Física - Estudo e ensino. 2. Arduino (Controlador programável). 3. Reflexão da luz. 4. Física - Ensino a distância. 5. Óptica. I. Título.

CDU: 372.853.5

Dedico esta dissertação ao meu marido Thalys e ao meu filho Raul, que estiveram ao meu lado em todo processo de construção deste trabalho. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer minha família que sempre me apoiaram nos estudos, em especial o meu marido Thalys, por cuidar tão bem do nosso filho na minha ausência, à minha mãe Sandra e minha sogra Fátima, por serem meu suporte em todos os momentos.

Agradeço ao meu filho Raul, o maior motivo da minha felicidade, ele me faz ser melhor cada dia mais.

Ao meu irmão Yan, por ser minha inspiração como pessoa e me apoiar sempre, não só nos estudos mas em todos os meus sonhos.

Gostaria de agradecer a minha grande amiga Diana, por estar presente na minha vida e participar de toda minha trajetória acadêmica, sempre me apoiando.

Aos meus amigos, Walter e Michele (as minhas espiãs demais), que nunca me deixaram desistir, e sempre se fizeram presente em minha vida.

Gostaria de agradecer ao meu professor orientador Wandearley pelo apoio, paciência e dedicação no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também ao meu coorientador Frederico, que foi em sua disciplina que a ideia principal desse produto surgiu.

Agradeço ao Prof. Hercílio Pereira Cordova, que com toda sua habilidade conseguiu construir o produto da maneira como meu orientador e eu idealizamos no início do projeto.

Um agradecimento especial a professora Socorro, que sempre acreditou em mim e me motivou a seguir em frente.

Agradeço a todo o quadro docente do Instituto de Física, foi com vocês que eu aprendi tudo que sei hoje.

Agradeço ao Diogo, que me auxiliou bastante ao decorrer do trabalho e ao Anderson Buarque por se dispor a aplicar o experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo fomento dado a este Programa de Pós-Graduação.

RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem vem se tornando cada vez mais um desafio. Acerca do ensino de Física, é evidente a percepção negativa dos estudantes, que muitas vezes se sentem desmotivados pela falta de recursos tecnológicos fornecidos em suas práticas pedagógicas. Para acompanhar essa crescente mudança tecnológica, se faz necessário uma mudança nesse processo de ensinar e aprender; para isso buscamos ferramentas computacionais que possam auxiliar no ensino de Física. Esta dissertação é uma proposta de utilização de Arduino no ensino da Reflexão da luz, a partir da construção de um aparato experimental controlado remotamente, com intuito de complementar o ensino de física e tornar mais frequente as práticas experimentais em sala de aula. Nela, existe uma proposta de produto educacional, bem como seu processo de construção, aplicação e dados obtidos, que comprovam um processo de aprendizagem potencialmente significativo. Para aplicação deste, segue questionários iniciais e finais e um guia prático, que visa auxiliar os professores que pretendem levá-lo para sua sala de aula. Devido ao fato de que vivemos em uma época em que as pessoas, em sua maioria, estão conectadas por meio da tecnologia e para acompanhar essa crescente mudança tecnológica, em todo processo de aplicação, os alunos fizeram uso de seus celulares e de computadores.

Palavras-chave: Ensino de Física, Arduino, Reflexão da luz, Física a distância, Óptica.

ABSTRACT

The teaching-learning process is becoming more and more a challenge. Regarding the teaching of Physics, the negative perception of students is evident, who often feel discouraged by the lack of technological resources provided in their pedagogical practices. To keep up with this growing technological change, it is necessary to change the teaching and learning process; for this we seek computational tools that can help in the teaching of Physics. This dissertation is a proposal for the use of Arduino in the teaching of Reflection of Light, based on the construction of a remotely controlled experimental apparatus, with the aim of complementing the teaching of Physics and making experimental practices more frequent in the classroom. In it, there is a proposal for an educational product, as well as its construction process, application and data obtained, which prove a potentially significant learning process. For its application, follow initial and final questionnaires and a practical guide, which aims to help teachers who intend to take it to their classroom. Due to the fact that we live in a time when most people are connected through technology and to keep up with this growing technological change, throughout the application process, students made use of their cell phones and computers.

Keywords: Teaching Physics, Arduino, Light reflection, Distance physics, Optics.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	13
2.1.	Laboratórios de ciências nas escolas	15
2.2.	Laboratório Móvel	15
2.3.	<i>Softwares e Hardwares</i> aplicados ao ensino de Física	16
3.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE APRENDIZAGEM	26
4.	PRODUTO EDUCACIONAL	29
4.1.	Apresentação Geral do Aparato experimental	29
4.2.	Interface gráfica	31
4.3.	Comunicação entre Protótipo e Usuário - Conexão Remota	34
4.4.	Conceitos Físicos envolvidos no experimento	34
4.4.1.	Leis da Reflexão	39
4.5.	Custo do projeto	40
5.	METODOLOGIA	42
5.1.	Participantes	42
5.2.	Aplicação	42
5.2.1.	Questionários iniciais	43
5.2.2.	Demonstração do guia prático	43
5.2.3.	Execução do procedimento experimental	44
5.2.4.	Questionários finais	45
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6.1.	Questionário 1	46

6.1.1.	Questão 1	46
6.1.2.	Questão 2	47
6.1.3.	Questão 3	49
6.2.	Questionário 2	51
6.3.	Questionário 3	58
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
8.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	62
	APÊNDICES	65
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO 1	66
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO 2	68
	APÊNDICE C - GUIA PRÁTICO	70
	APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO 3	71

1. INTRODUÇÃO

Ensinar, de modo geral, é um desafio para os educadores, principalmente quando se trata de Física, disciplina que, comumente, os alunos apresentam bastante aversão por considerarem seus conteúdos complexos e abstratos. Entre os profissionais de Física há bastante discussão sobre os modelos pedagógicos tradicionais baseados apenas na transmissão de conhecimento de professor para aluno. Neles, o professor apenas transmite o conteúdo no quadro, ficando o aluno responsável por assimilar e aplicar esses conteúdos por meio de exercícios. Dessa forma, o aluno atuaria como um recipiente, no qual o educador deposita o conhecimento. Acredita-se que essas características são as razões que fazem o ensino descontextualizado e muito distante da vida do aluno, tornando os assuntos complexos, de pouco entendimento e sem utilidade no cotidiano do educando, impossibilitando que o aluno seja inserido na sociedade como um agente crítico e participativo (CARDOSO, 2000). Uma alternativa para melhorar o ensino e aprendizagem de Física é o uso de objetos de aprendizagem (CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M. S.).

Os Objetos de Aprendizagem (OAs) são recursos que podem ser utilizados como um auxílio no processo ensino-aprendizagem do aluno. Qualquer material que possa auxiliar na construção do conhecimento é considerado um objeto de aprendizagem, seja por meio de uma imagem, um vídeo, um software, uma animação, uma simulação, um experimento didático e/ou lúdico, ou, até mesmo, um jogo. Alguns conteúdos geram uma certa dificuldade de entendimento aos alunos, devido a alguns fatores, como a dificuldade de visualização dos fenômenos estudados. Assim os objetos de aprendizagem passam a ter um papel importante em sala de aula, pois permitem um melhor entendimento de conteúdos abstratos e de difícil visualização por parte do aluno.

O Ministério da Educação (BRASIL, 2003) orienta que os OAs devem: aprimorar educação presencial e/ou à distância; incentivar a pesquisa e a construção de novos conhecimentos para melhoria da qualidade, equidade e eficiência dos sistemas públicos de ensino; incorporar didática das novas tecnologias de informação e comunicação.

Dentre as ferramentas utilizadas pelos docentes no Ensino de Física, a experimentação é indicada como uma alternativa de ensino que pode vir a ter um potencial de provocar maior interesse e estimular os alunos a aprender mais, seja apenas observando ou até mesmo confeccionando o próprio aparato experimental (MALACARNE; STRIEDER, 2009).

Dentro dessa temática, e levando em consideração a situação atual do mundo, onde o ensino remoto foi e tem sido utilizado em grande escala, apresentamos um produto que tem por objetivo auxiliar professores de Física da educação básica no ensino de Óptica. O produto

em questão consiste em um protótipo experimental para o estudo da reflexão da luz. Constituído por arduíno e elementos eletroeletrônicos, tal protótipo permite a prática experimental remota, seja por meio de computador ou mesmo *smartphones*. Além do protótipo, apresentamos também um guia de utilização para o professor e aluno, para que os mesmos consigam fazer bom uso do aparato experimental controlado remotamente.

De posse do protótipo e sequência didática, verificamos a ocorrência de uma aprendizagem potencialmente significativa. Já os objetivos específicos, foram de elaborar uma sequência didática e um guia e aplicá-los no ensino médio, analisar a potencialidade do material produzido, analisar os resultados dos testes aplicados a fim de encontrar indícios que a sequência de ensino construída é potencialmente significativa.

Para atender aos objetivos, a dissertação será organizada da seguinte forma: inicialmente, apresentamos como a experimentação tem sido utilizada como ferramenta didático-pedagógica no Ensino de Física. Em seguida, abordamos os recursos computacionais aplicados no Ensino de Física, em especial, o Arduino [®], uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e de placa única. Nesta parte do trabalho, explicamos como funciona o interface do Arduino, dando exemplos de trabalhos acadêmicos que fizeram o uso desse método como aplicação no ensino. Ainda neste cenário introdutório, apresentamos estudos que levam em consideração o ensino experimental controlado remotamente.

Numa seção posterior, apresentamos as teorias de aprendizagem que serviram de base para esse trabalho. Em particular, darei maior ênfase à teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e suas relações com o ensino da Física. Ainda na fundamentação teórica, abordamos os princípios físicos abordados no produto experimental, explicando de forma clara os conteúdos relacionados à Reflexão da luz.

Na sequência, tratamos do produto educacional propriamente dito. Nessa parte do trabalho descrevemos todo o processo construtivo do produto educacional, com imagens de toda a estrutura externa e estrutura eletrônica do protótipo. Para cada dispositivo utilizado haverá uma explicação de seu funcionamento. Em seguida, tratamos o funcionamento e o seu procedimento operacional.

Numa seção seguinte, apresentamos um estudo de caso com a aplicação do produto, realizada com alunos da educação básica. Nessa aplicação, foram coletados depoimentos sobre a experiência, tanto no ponto de vista do professor aplicador, como no ponto de vista do observador, o aluno. Alguns depoimentos foram citados na dissertação. Vale ressaltar que todo processo de aplicação, seguiu as normas de ética, onde todos os participantes (alunos e

professores) assinaram o termo de livre consentimento.

Por fim, analisamos os resultados obtidos na aplicação do produto educacional desenvolvido, fazendo um estudo qualitativo e uma análise estatística para fins quantitativos, sempre trazendo ao texto os relatos de experiência de cada participante e uma análise sobre experiência como observadora da aplicação e como aplicadora. Para análise de dados, foi imprescindível que antes da aplicação fosse realizado um questionário prévio, para ficarmos familiarizados com os subsunçores da turma trabalhada e, assim como a teoria de Ausubel sugere, obtermos uma aprendizagem potencialmente significativa.

2. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

O processo de ensino-aprendizagem vem se tornando cada vez mais um desafio. Acerca do ensino de Física, é evidente a percepção negativa dos estudantes, que muitas vezes se sentem desmotivados pela falta de recursos experimentais e tecnológicos fornecidos em suas práticas pedagógicas. Infelizmente, o ensino de física ainda é visto e associado a resolução de exercícios de forma mecânica e decorativa, onde em sua maioria se trata apenas de aplicação de “fórmulas”, como os alunos costumam falar, tornando-a uma área da ciência muito abstrata e distante do cotidiano do aluno.

Dentre artigos publicados de ensino de física, é citado que existe uma grande dificuldade no aprendizado dos conceitos e da linguagem que descreve os fenômenos de física. Segundo Fiolhais e Trindade, corroborando pelo alto número de reprovação nessa disciplina e em seus vários níveis, observado tanto no Brasil quanto em outros países (FIOLHAIS E TRINDADE, 2003). Os grandes obstáculos apontados, são o despreparo prévio da linguagem matemática, as pré-concepções relacionadas com o senso comum e não com a lógica científica, a inaptidão de vários alunos secundaristas para o desenvolvimento dos estudos desta ciência.

Em busca de métodos de ensino para tornar a aula menos convencional, na maioria dos casos, a experimentação é a mais utilizada pelo professor de Física para “fugir” da tradicionalidade. No artigo de Michel Corci Batista (BATISTA, 2009), Polônia Fusinato e Ricardo Blini, foi verificado o grau de importância que a experimentação tem no ensino de Física por meio de um projeto com alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma instituição privada de Maringá, Estado do Paraná, durante o 3º bimestre do ano letivo de 2006. Essa estratégia de ensino foi organizada em algumas etapas:

Primeiramente, foram priorizados seis grupos de três componentes, pois a turma tinha 18 alunos no total. Depois de uma discussão inicial, chegamos à conclusão de que cada grupo produziria três experimentos, dois experimentos simples realizados com material de baixo custo e um mais elaborado. Feita uma breve descrição dos assuntos abordados por cada um dos temas, os alunos reuniram-se nos grupos de trabalho e escolheram aquele de maior interesse. Em caso de escolhas coincidentes era feito um sorteio do tema disputado.” (BATISTA, 2009)

Durante toda a realização desse projeto, dados foram coletados (fotos, vídeos, relatos dos alunos) e dez meses depois da execução do projeto foi realizada uma entrevista com cada um dos alunos participantes com o intuito de verificar se a experimentação pôde contribuir efetivamente no processo ensino-aprendizagem, garantindo um aprendizado significativo por parte do aluno. Os autores observaram com a análise dos dados coletados que os alunos

melhoraram seu desempenho, e concluíram que isso se deu devido a motivação dos alunos durante a produção do trabalho. Com isso, puderam verificar que “as ações pedagógicas do docente poderão favorecer a apropriação desse conhecimento e as formas de pensar e agir dos estudantes frente ao conhecimento, a partir do desenvolvimento de trabalhos experimentais no ensino de Física.” (BATISTA, 2009)

Segundo Reis (REIS, 2013), a utilização de experimentos na sala de aula é um método promissor no ensino de Física, pois são através deles que ocorrem as interações sociais que não se resumem somente a interação professor aluno, contribuindo na compreensão dos conteúdos. No livro “Física Mais que Divertida” (VALADARES, 2012), Valadares faz um compilado bastante rico de experimentos de baixo custo utilizando uma linguagem acessível a leigos, preenchendo uma grande lacuna de experimentos de nossos livros didáticos dedicados a ciências. Utilizando materiais de fácil acesso, os experimentos presentes nesse livro podem ser facilmente levados à sala de aula e confeccionados pelos próprios alunos. Ainda sendo mínimo o número de escolas com laboratórios de ciência, esse livro nos dá uma ótima alternativa de ensino.

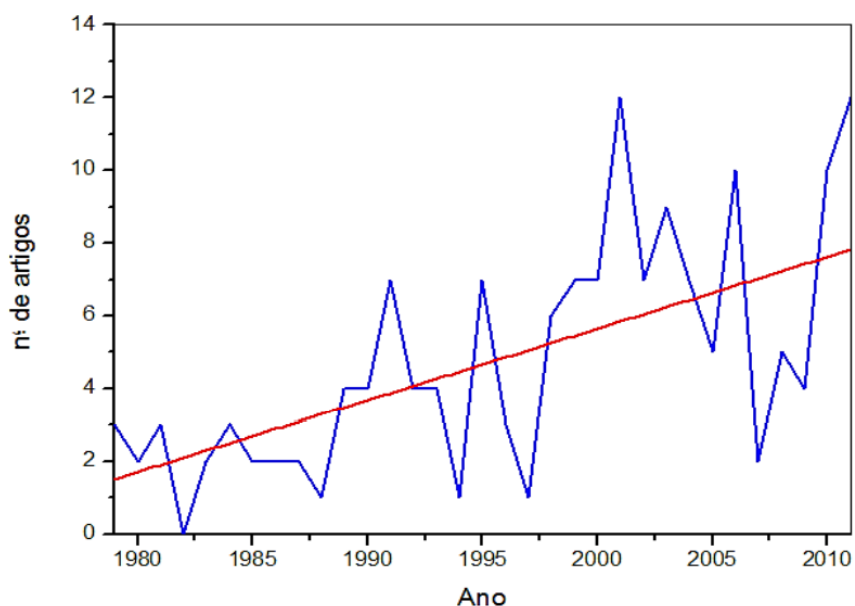
Moraes afirma que as atividades experimentais no ensino de Física são um forte instrumento para uma aprendizagem significativa dos discentes (MORAES, 2015). Ele mostra que experimentos com esse objetivo vêm ganhando relevância nas pesquisas em ensino de Física, como cresceu o número de publicações da área nos principais periódicos do Brasil¹, por meio do gráfico da figura 1.

Guedes considera que a experimentação em sala de aula pode ser uma ferramenta interessante de auxílio e enriquecimento das aulas teóricas (GUEDES, 2017). Ele aponta que os experimentos proporcionam interação entre os estudantes e tornam a aula mais atrativa, motivando os alunos e dinamizando as práticas didáticas.

Logo, a utilização de atividades experimentais em conjunto com as teorias de aprendizagem contribuem para a construção de um ambiente motivador e possibilita o desenvolvimento intelectual e social dos discentes. Como forma de tornar a experimentação mais frequente nas aulas, laboratórios de ciências foram inseridos em escolas de ensino regular.

¹ Ciência e Educação (A1), Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (A2), Investigações em Ensino de Ciências (A2), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (A2), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (B1), Revista Brasileira de Ensino de Física (B1), Ciência & Ensino (B2) e Experiências em Ensino de Ciências (B2)

Figura 1 - Crescimentos de publicações sobre experimentação no Ensino de Física nos principais periódicos do Brasil. A linha vermelha do Gráfico 1 indica a tendência do comportamento das publicações.



FONTE: Moraes, 2015.

2.1. Laboratórios de ciências nas escolas

Cada vez mais presente nas escolas de ensino regular, os laboratórios de ciências passaram a ser um grande aliado no ensino de Física pois, além de gerar mais interesse e estímulo para com os alunos por meio de seus experimentos, também é um espaço de ensino e de aprendizagem.

Sendo um espaço educativo presente em algumas escolas brasileiras desde 1930 (MOTA, 2019), os laboratórios de ciências estão presentes em menos de 50% das escolas públicas, segundo o censo (BRASIL, 2020). Nas escolas onde eles estão presentes, ainda existem algumas dificuldades para mantê-los funcionando, como a falta de profissionais capacitados e falta de equipamentos desse espaço. No texto de Andrade e Costa (ANDRADE; COSTA, 2016), comenta-se sobre a sua experiência ao lecionar em escolas públicas na cidade de São Carlos, onde foi observado que, mesmo com a existência de laboratórios nos colégios, estes não eram utilizados pelos professores. Devido a isso, foi pesquisado entre professores os motivos pelo qual isso ocorre, levando-os a seguinte conclusão:

A análise dos dados evidenciou que, para os professores participantes desta pesquisa, a existência de laboratório por si só não garante a realização de aulas práticas, pois existem vários entraves que impossibilitam a realização destas como a deficiência na formação inicial, a carga excessiva de aulas, o grande número de alunos por classe, falta de materiais e manutenção dos laboratórios, falta de

reconhecimento profissional, falta de apoio da direção/coordenação, indisciplina, entre outros. (ANDRADE; COSTA, 2016).

Dadas as circunstâncias, passa a ser uma alternativa para os docentes o uso de laboratórios móveis com experimentos de baixo custo, onde estes últimos podem ser confeccionados pelo professor ou até mesmo pelos próprios alunos.

2.2. Laboratório Móvel

Devido a falta de laboratórios de ciências nas escolas ainda ser uma realidade em nosso país, seja por falta de espaço físico ou por ausência de equipamentos, levar experimentos para a sala de aula ficou cada vez mais frequente. Segundo Santana (SANTANA, 2019), a inexistência de laboratórios nas escolas públicas não impede a realização de atividades experimentais, visto que os professores conseguem driblar esse problema usando a criatividade. Esses experimentos realizados na própria sala de aula podem ser utilizados apenas para os alunos observarem ou até participarem de todo o processo de produção do mesmo.

Em sua maioria, os experimentos são de baixo custo, ou seja, com materiais que podem ser encontrados com facilidade no mercado ou feitos com materiais reutilizados e que substitui o experimento que seria realizado em um laboratório de ciências convencional.

Os experimentos didáticos denominados de “baixo custo” vêm, há tempos, sendo uma linha de desenvolvimento de aparelhos e experimentos didáticos muito empregada no ensino de Física. O prefácio de uma obra do século XIX diz que, após dez anos da publicação no jornal *Natureza*, em Paris, da primeira notícia sob o título de Física sem aparelhos, estava-se longe de suspeitar o interesse que a ideia de fazer experiências de Física, não com aparelhos especiais, mas por meio de objetos de uso comum, que todo mundo tem ao alcance das mãos, ou de fácil aquisição, iria despertar (TISSANDER, 1893 apud LABURÚ; SILVA; BARROS, 2008, p. 169).

2.3. *Softwares e Hardwares* Aplicados ao Ensino de Física

Além da experimentação, é preciso considerar o avanço tecnológico e como novos elementos podem contribuir positivamente com o processo de ensino/aprendizagem de Física. Além de *software* e *hardware*, não podemos esquecer da internet, responsável por facilitar a disseminação destes recursos.

Segundo Carraro e Pereira (CARRARO, 2014), as tecnologias permitem uma intervenção diferenciada dos conteúdos, pois propiciam a visualização de modelos físicos que não poderiam ser observados de outra forma, exceto por figuras estáticas em livros didáticos ou no quadro negro. Especificamente, os simuladores computacionais porque possibilitam alterar parâmetros físicos envolvidos nas situações que abordam e isto permite uma maior

interação do estudante com o conceito estudado. Por conseguinte, se faz necessário inovar e inserir as tecnologias disponíveis atualmente nas aulas de Física.

Como exemplo de *softwares* que auxiliam o ensino de Física temos o *Mathematica* (WOLFRAM, 2022). Um *software* de análise matemática que com suas modelagens auxilia na resolução de derivadas, integrais, construção de gráficos, operações básicas, funções trigonométricas, entre outros. Para o ensino de física, além de resolver algumas equações e problemas relacionados à Física, outra função é o seu simulador computacional, que permite ao estudante observar e analisar alguns fenômenos físicos.

A ferramenta *Java* (JAVA, 2022) é uma linguagem de programação que tem como uma das propostas didáticas a modelagem na área de ciências. É uma ferramenta de grande potencial para o ensino de física, pois torna-se possível realizar simulações de fenômenos físicos. Um exemplo do uso dessa ferramenta é o Phet simulations, que nos permite realizar simulações na área de física, química, biologia e matemática, além de auxiliar na análise de gráficos e equações. Outro exemplo é o *Easy Java simulations (Ejs)* onde a maioria das páginas com jogos, simulações ou animações são desenvolvidas aplicando a linguagem de programação *Java* (FIGUEIRA, 2005).

O Ejs permite, por exemplo, a modelagem de problemas físicos envolvendo superfícies tridimensionais; a construção de curvas e a adição de gráficos de duas e três dimensões de maneira fácil pelo usuário. O software também dispõe de facilidades para a solução numérica de equações diferenciais de primeira ordem.

(FIGUEIRA, 2005)

O *Yenka* (YENKA, 2022) é uma ferramenta de interação com simulações e lições passo a passo, que também nos permite criar simulações e modelos de sistemas elétricos. Permite criar modelagem 3D para demonstrar probabilidades, estatísticas, geometria e coordenadas. Na área de ciências e tecnologia nos permite montar, em seu laboratório virtual, circuitos elétricos com uma ampla lista de componentes.

O *Modellus* (MODELLUS, 2022) é um software de modelagem computacional que permite criar modelos matemáticos auxiliando na interpretação de gráficos e equações. Também pode ser utilizado no ensino de física permitindo ao estudante realizar experimentos virtuais através das simulações. No produto educacional de Joerbed dos Santos Gonçalves, ele apresenta uma proposta didática para o ensino de oscilações harmônicas utilizando o *Modellus*, onde uma de suas simulações criadas é de um oscilador harmônico simples (GONÇALVES, 2018).

Além dos *softwares*, observamos a presença marcante de *hardwares* no ensino de Física. Entre eles, destacamos o arduino ©, plataforma de prototipagem eletrônica baseada em uma simples placa de entrada/saída microcontrolada. Com um conector USB, um

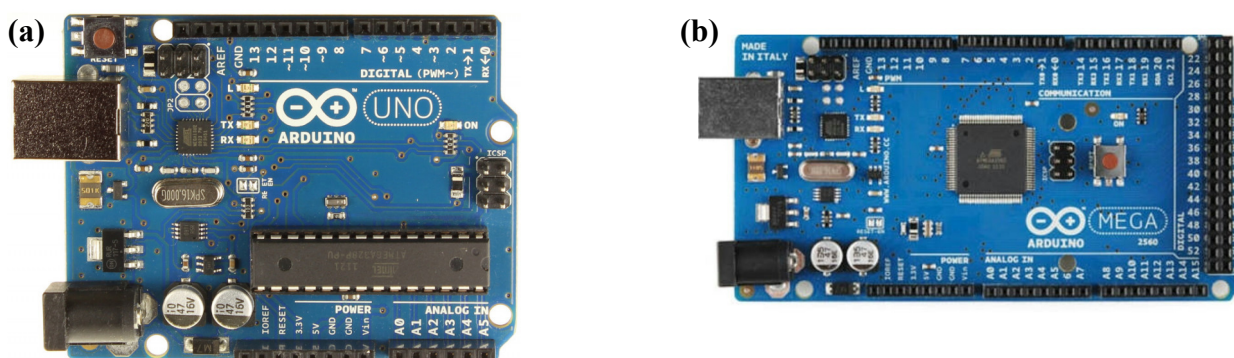
microcontrolador, pinos para conexão com circuitos externos e linguagem de programação padrão baseada nas linguagens em C/C++, esta placa permite a criação de protótipos ou objetos interativos flexíveis, fáceis de usar e de baixo-custo.

Seu grande diferencial é que, por ela ser desenvolvida por uma comunidade que divulga seus códigos e projetos, qualquer pessoa com conhecimento de programação pode modificá-la, tendo a liberdade de melhorar seus produtos criados nela.

O espectro de utilização do Arduino é imenso. Você pode desde automatizar algo já existente, até criar algo novo, vai depender de sua imaginação e dedicação. Um dos motivos da existência desse grande campo de possibilidades é a vasta quantidade de componentes e sensores que você pode utilizar em seus projetos.

Existem vários modelos de placas de Arduino, dentre elas a Arduino Uno (ver Figura 2a), uma placa mais comum, com 14 pinos digitais e 6 analógicos. Já a placa Arduino Mega (ver Figura 2b), tem um maior poder de processamento.

Figura 2 - (a) Placa de Arduino Uno ; (b) Placa de Arduino Mega



FONTE: Blog Eletrogate, 2021

Para que consigamos escrever um programa no Arduino, precisa-se conectá-lo ao computador por meio de um cabo USB e abrir o ambiente inicial para digitar o programa. Esse ambiente IDE é encontrado no próprio site do Arduino. É só fazer o download totalmente gratuito e instalar em seu computador. Na figura 3, pode-se ver como é o ambiente inicial do Arduino.

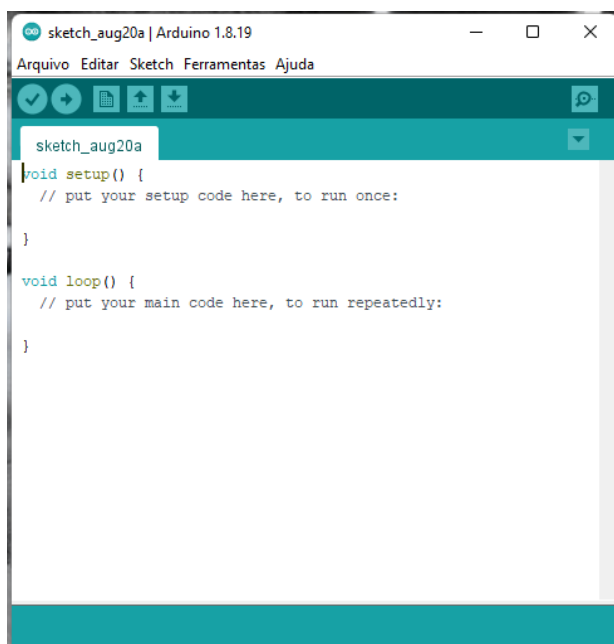
A linguagem de programação utilizada no Arduino é o C. Com uma estrutura básica composta por duas partes:

- **setup()** – Onde você configura as opções iniciais do seu programa: os valores iniciais de uma variável, se uma porta será utilizada como entrada ou saída, mensagens para o usuário, etc.

- **loop()** – Essa parte do programa repete uma estrutura de comandos de forma contínua ou até que algum comando de “parar” seja enviado ao Arduino.

Como por exemplo, apresentamos na figura 4 (a) o código de programação no arduino que tem como objetivo acender e apagar uma lâmpada LED, bem como (b) sua estrutura física. O resistor associado em série com a lâmpada, quase sempre menor que a tensão elétrica ofertada pelo arduino.

Figura 3 - Ambiente inicial do Arduino



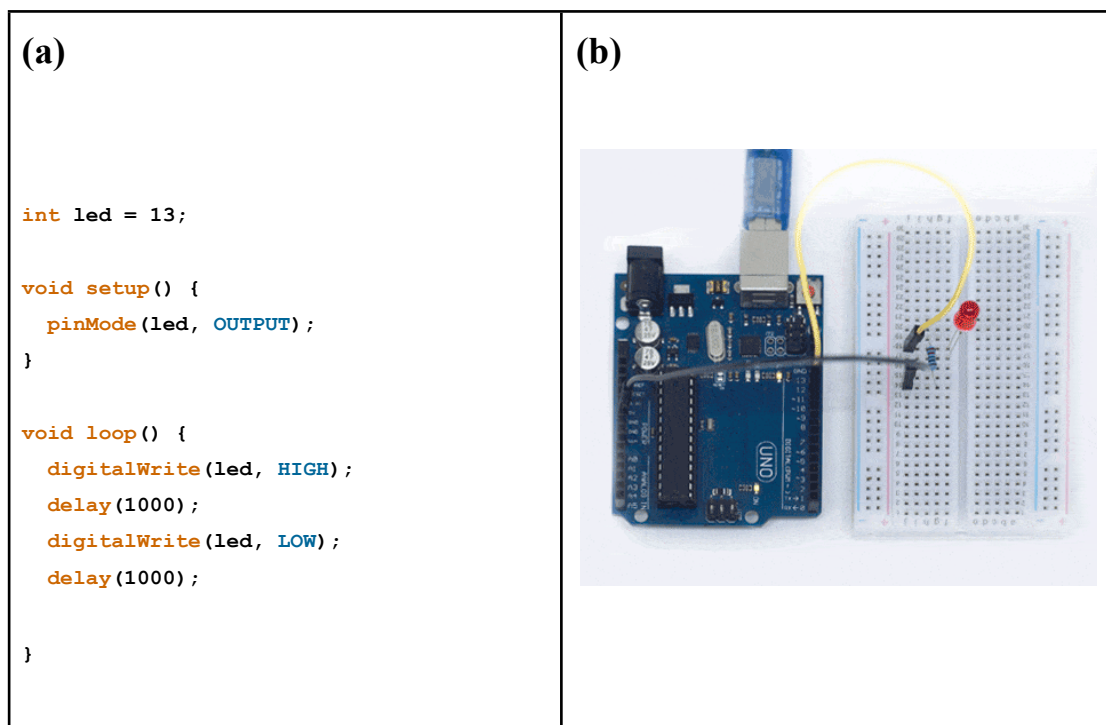
FONTE: Autora, 2022.

Observamos no código a declaração de uma variável inteira **led** com o valor 13, o número que identifica o pino digital do arduino ao qual a lâmpada LED está ligada. No **setup()**, onde configuramos as opções iniciais do programa, implementamos a função **pinMode()**, que configura o pino como entrada ou saída. Neste caso, o pino da lâmpada LED está configurado para saída de informações. No **loop()**, organizamos as funções que serão executadas em sequência para fazer a lâmpada LED acender e apagar. Vejamos:

- **digitalWrite(led, HIGH):** Atribui nível lógico alto ao pino do LED, acendendo-o;
- **delay(1000);** Espera 1000 milissegundos (um segundo);
- **digitalWrite(led, LOW):** Atribui nível lógico baixo ao pino do LED, apagando-o;
- **delay(1000);** Espera 1000 milissegundos (um segundo).

Após terminar a função **loop()**, essa parte do programa repete a estrutura de comandos de forma contínua. Comandos específicos podem ser implementados para que haja interrupção na repetição.

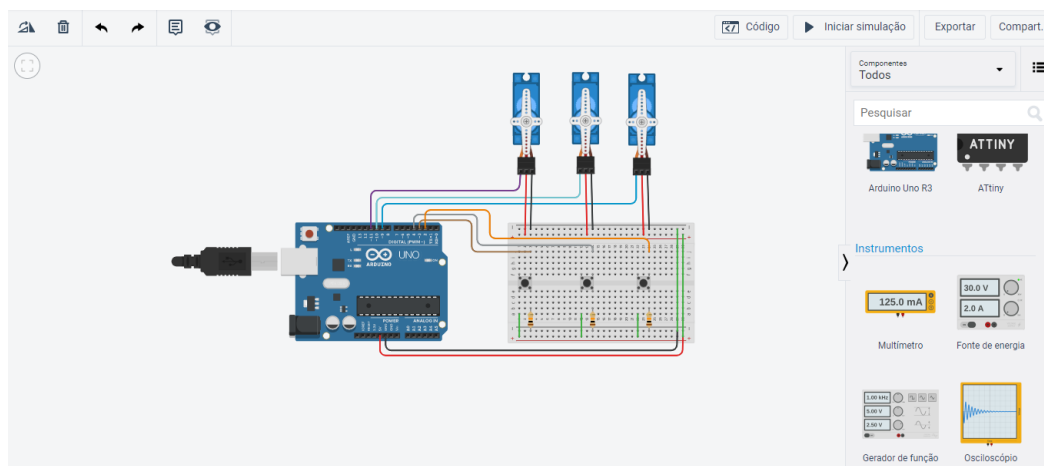
Figura 4 - (a) Código de programação no arduino com o objetivo acender e apagar uma lâmpada LED;
(b) Estrutura física para acender e apagar uma lâmpada LED.



Fonte: CHAVIER, 2022.

A elaboração de projetos com Arduino é facilitada por plataformas virtuais como a Tinkercad (TINKERCAD, 2022). Através dela é possível simular o funcionamento do projeto sem que os componentes físicos estejam em mãos. Essa plataforma também é totalmente gratuita. A figura 5 mostra a interface gráfica do Tinkercad, onde uma simulação com servos motores é estudada.

Figura 5 - Estação de trabalho do Tinkercad com projeto utilizando servos motores.



FONTE: Autora, 2022.

Como podemos observar na figura 4, a plataforma do Tinkercad tem sua estação de trabalho, a opção de pesquisar os componentes, compartilhar o projeto e uma aba de simulação para testar o projeto e código. Podemos usar o código de programação ou programar o projeto por blocos.

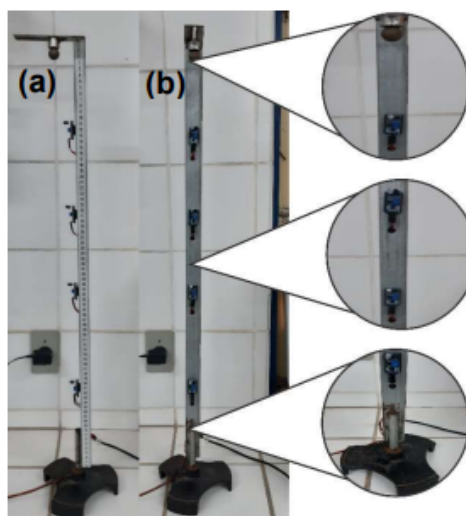
Assim, devido às inúmeras possibilidades de utilização do Arduino, muitos projetos têm sido propostos para auxiliar no ensino de Física. Santos (2021), propôs um experimento de queda livre construído com Arduino e controlado por uma interface, a fim de possibilitar que o aluno vivencie uma atividade prática fora do ambiente tradicional e cotidiano (sala de aula) e através dela comprove o que estudou em teoria SANTOS, 2021).

O produto possui 4 sensores ópticos presos em uma haste metálica, onde seu funcionamento geral é explicado a seguir.

Inicialmente uma pequena esfera será presa a solenoide no topo de uma haste metálica, o usuário dará um comando desligando a solenoide, consequentemente liberando a esfera e fazendo-a entrar em movimento de queda livre. À medida que a esfera cai, ela passará por sensores de obstáculo presos em locais predefinidos, ao detectar a passagem da esfera o sensor enviará um pulso elétrico para o microcontrolador Arduino que registrará o tempo de detecção em uma variável. Ao final do evento os tempos armazenados serão mostrados ao usuário através de uma interface, essa aplicação é responsável por “informar” todo funcionamento do protótipo desenvolvido, inclusive apontando eventuais erros e falhas. (SANTOS, 2021)

A estrutura experimental é apresentada na figura 6, onde (a) é a visão lateral e (b) é a visão frontal do experimento.

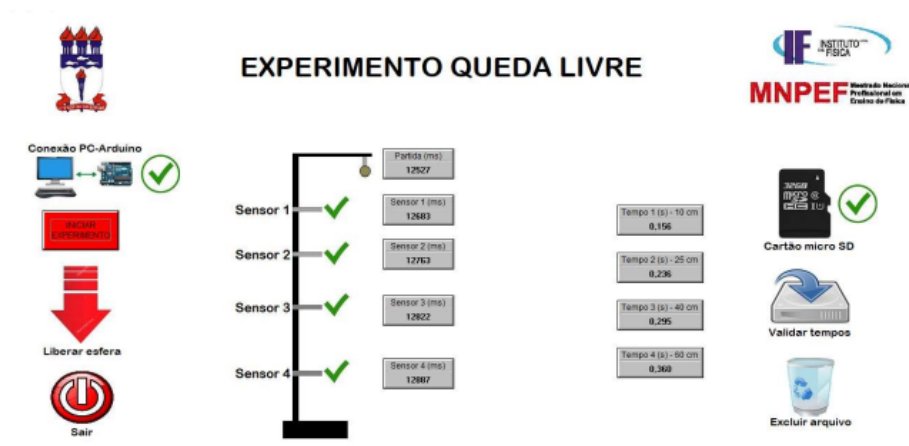
Figura 6 - Estrutura experimental do experimento de queda livre : (a) vista frontal; (b) vista lateral



FONTE: SANTOS, 2021

Como citado acima, esse produto possui uma interface por onde todo o processo será controlado. A interface de supervisão desenvolvida utilizando o *software* Elipse SCADA é apresentada na figura 7.

Figura 7 - Interface de supervisão do experimento de queda livre

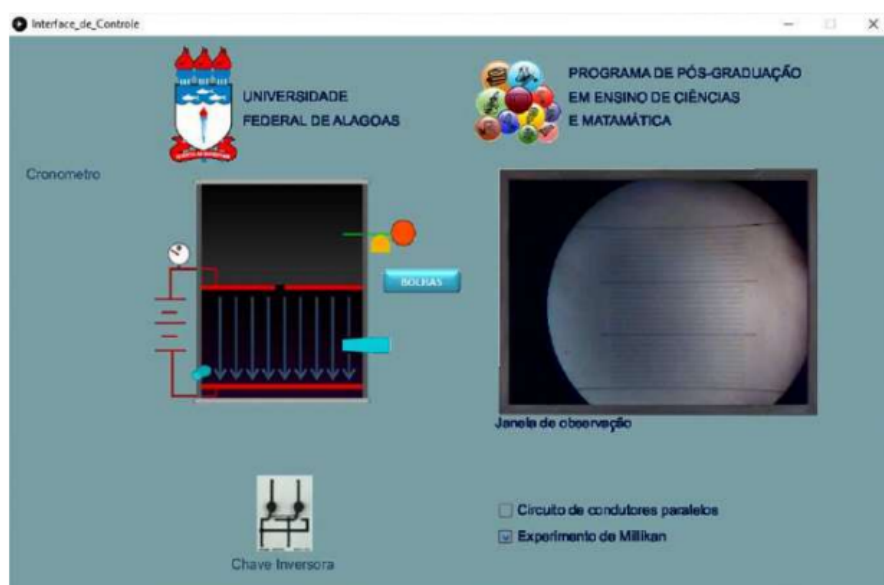


FONTE: SANTOS, 2021

Analisando resultados obtidos e nas observações realizadas em todo o processo de aplicação o autor concluiu que que essa proposta apresenta elevado potencial de melhoria no processo de ensino-aprendizagem de Física.

Barros e Dias, em 2019, elaboraram e aplicaram o experimento de Millikan para determinar o valor da carga elementar (BARROS e DIAS, 2019). Este experimento foi adaptado para que seu controle pudesse ser feito remotamente, por meio da internet. Os autores utilizaram um arduíno para o controle eletromecânico e elaboraram uma interface gráfica (ver Fig. 8) para controle e acompanhamento do experimento.

Figura 8 - Interface Gráfica do experimento de Millikan

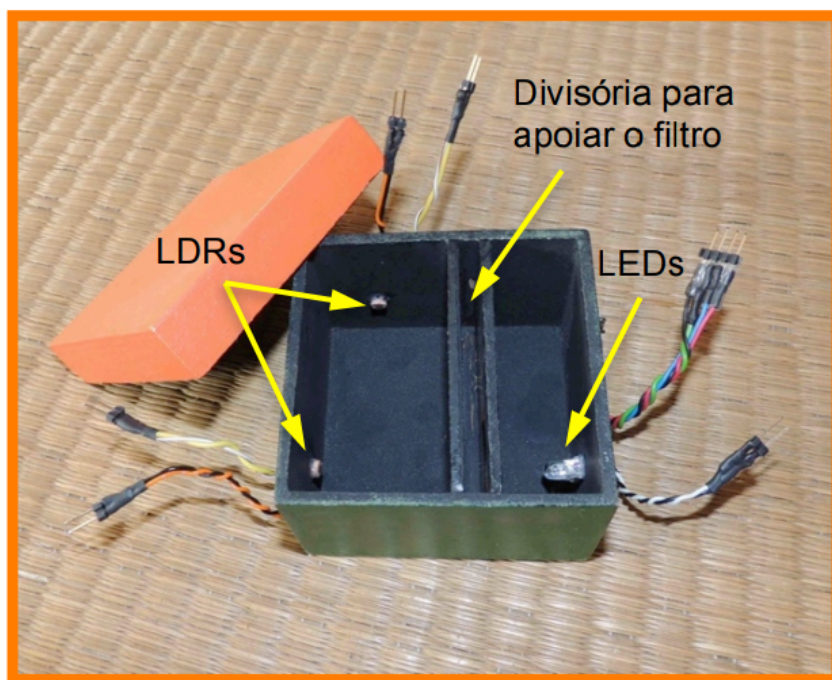


FONTE: Barros e Dias, 2019.

Relacionado ao ensino de óptica e também fazendo o uso da placa de prototipagem Arduino, o professor Elio Santos, propôs estratégias de automação e controle de experimentos de óptica em laboratório didático de Física. Um dos experimentos apresentados no trabalho de Elio foi o de análise quantitativa de transmitância e refletância luminosa utilizando o Arduino. (SANTOS, 2014)

O experimento foi denominado “sensor de luz”. A estrutura experimental é formada por uma caixa, onde em uma de suas laterais existem dois LEDs, um emite luz branca e outro tipo RGB (abreviação do inglês para *Red*, *Green* e *Blue*), capaz de emitir as cores primárias da luz: vermelha, verde e azul. Nas outras laterais da caixa estão localizados os sensores de luz LDRs (*Light Dependent Resistor*). Na figura 9 podemos ver como o autor montou a estrutura experimental. (SANTOS, 2014)

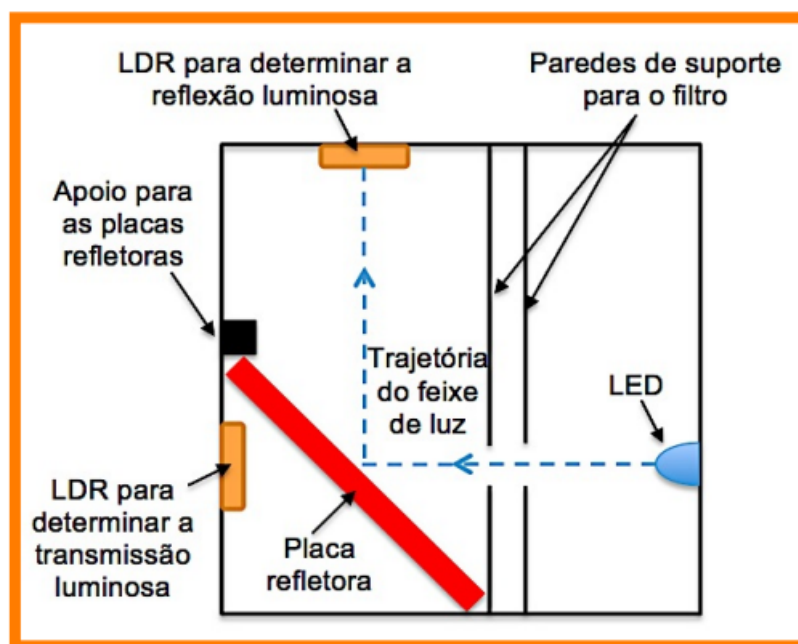
Figura 9 - Estrutura física do experimento sensor de luz.



FONTE: SANTOS, 2014

Para analisar a reflexão da luz, uma placa refletora foi posicionada como podemos ver na Figura 10. Nesta configuração, apenas um LDR é utilizado pois, com essa montagem, o feixe de luz ao incidir na placa refletora é desviado e vai de encontro com o sensor LDR localizado na parte lateral superior. (SANTOS, 2014)

Figura 10 - Representação gráfica da parte interna da caixa do experimento para análise de reflexão da luz



FONTE: SANTOS, 2014.

O uso de recursos computacionais no ensino propicia ao professor a utilização de estratégias diferenciadas onde o aluno aprenderá de forma motivadora, permitindo-o analisar, comparar, e construir seu próprio jeito de aprender. A educação científica que ocorre nas escolas atualmente não tem refletido nenhum dos aspectos da ciência como desenvolvimento humano e os experimentos, quando realizados, se reduzem a uma receita, não possibilitando que os alunos resolvam problemas experimentais associados ao cotidiano do aluno a fim de construir suas próprias conclusões.

Dessa forma, a utilização de ferramentas computacionais pode minimizar tal dicotomia entre a ciência em sua essência e como ela é transmitida pelos processos educativos atuais. Ela também pode ser um viés importante para se explorar metodologias pouco vivenciadas nas escolas, como modelagem científica e interdisciplinaridade. Temos uma oportunidade de associar tecnologia com a abordagem científica no nível fundamental e médio de ensino, despertando não só o interesse pelo aprendizado, mas também novas perspectivas. Apesar dos avanços nessa área, é preciso ter em mente os fundamentos teóricos de aprendizagem. Através deles podemos compreender melhor o elo entre os elementos educacionais propostos e a facilitação da aprendizagem.

As teorias de aprendizagem nos fornecem elementos para compreender a relação entre ensino e aprendizagem, reconhecendo a existência de uma evolução cognitiva e buscando explicar a relação entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento. Compreender o modo como as pessoas aprendem, as condições necessárias para aprendizagem e o papel do

professor neste processo é o tema central de diversos estudos como da Epistemologia genética de Piaget (PIAGET, 1970), Construtivismo de Bruner (BRUNER, 1973), Inteligências múltiplas de Gardner (GARDNER, 2000) e Inclusão de Ausubel (AUSUBEL, 1982).

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE APRENDIZAGEM

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os princípios da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 2003). Aprendizagem significativa, definida como um processo onde a nova informação é assimilada através da interação com os conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, a qual Ausubel define como conceitos subsunçores.

Segundo Ausubel, quanto mais sabemos, mais aprendemos. Para ele, aprender de forma significativa é reorganizar e aumentar os conceitos e ideias já existentes na estrutura mental do estudante (subsunçores) e com isso assimilar e relacionar novos conceitos. O conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente significativo para o estudante e ele, o estudante, deve estar disposto a relacionar o material de maneira consistente e não arbitrária. Para Ausubel a aprendizagem por memorização e a significativa são organizadas de formas muito distintas na estrutura cognitiva do estudante.

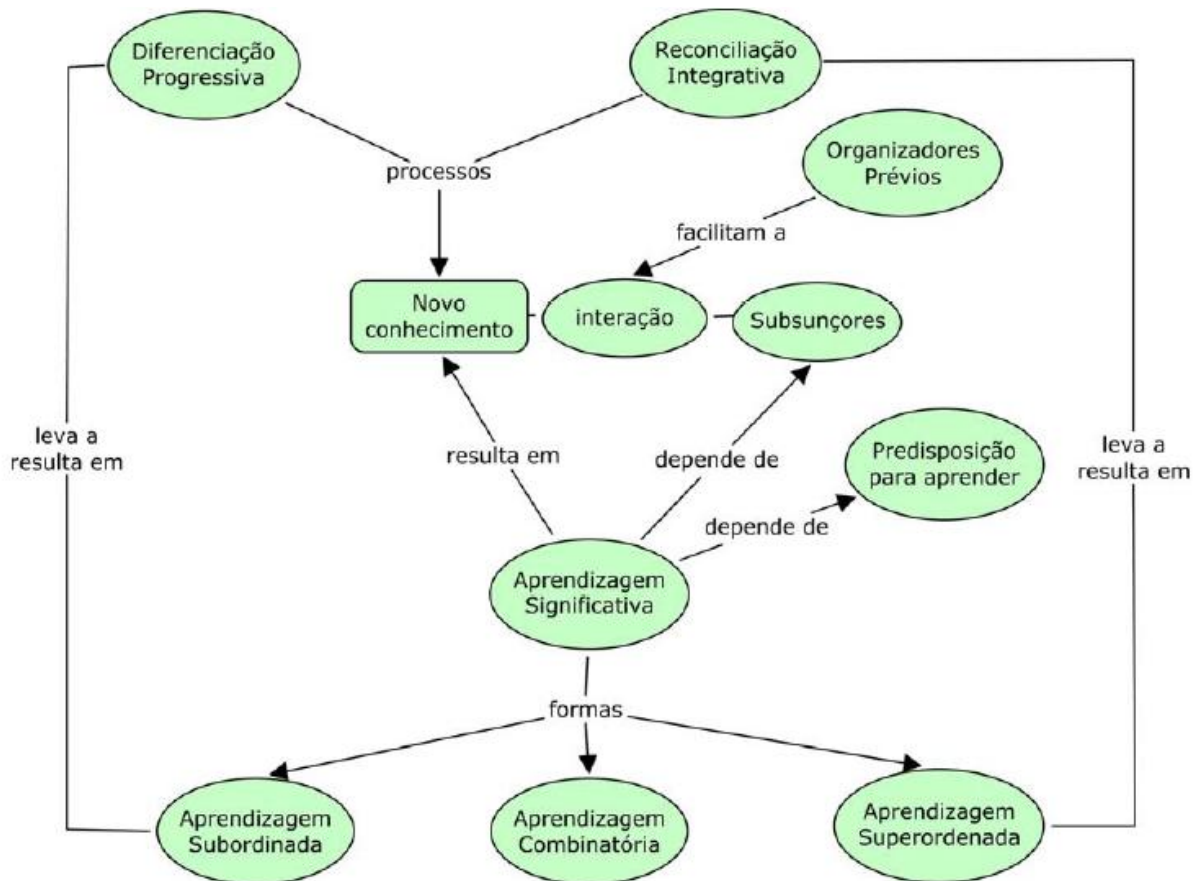
Os conceitos estudados por memorização estabelecem relações discretas, isoladas, arbitrárias e literais com a estrutura cognitiva. Consequentemente a possibilidade de retenção é muito inferior aos assimilados de forma significativa. Os modelos de aprendizagem baseados na aprendizagem mecânica e por repetição dificilmente encontram conhecimentos prévios na estrutura cognitiva dos estudantes a que possa se relacionar. O conteúdo é armazenado de maneira arbitrária. Já os conceitos aprendidos de forma significativa possibilitam o surgimento de relações significativas (de ordem qualitativa, derivativa, correlativa e subordinante) de novos significados correspondentes. Assim há uma retenção muito superior se comparada a aprendizagem por memorização. Ausubel enfatiza que para acontecer uma aprendizagem significativa é necessário, por parte do aluno, disposição para aprender e que o conteúdo a ser aprendido seja potencialmente significativo. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa, os subsunçores vão tornando-se cada vez mais elaborados e o indivíduo consegue assimilar novas informações. Assim, o estudante assimila e relaciona novos conceitos. O professor deve, ainda, considerar o contexto no qual seu estudante está inserido e assim propor as atividades potencialmente significativas.

Na aprendizagem significativa, Ausubel (AUSUBEL, 2003) (AUSUBEL, 1982) apresenta alguns facilitadores da aprendizagem: a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação. Inicialmente, na diferenciação progressiva, apresenta-se os conceitos e conteúdos mais gerais e progressivamente seus desdobramentos e especificações. Durante o processo de aprendizagem acontece a recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva que é a chamada

reconciliação integradora. Nela, as novas informações adquiridas e os elementos existentes, ao se reorganizarem, geram novos significados. A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora acontecem simultaneamente. À medida que o aluno aprende, vai ocorrendo uma diferenciação entre as novas informações e os subsunçores. Assim, há uma organização na estrutura cognitiva, diferenciando alguns aspectos e eliminando diferenças aparentes, se integrando aos conhecimentos já existentes mais gerais (MOREIRA, 2011). Na organização sequencial, os tópicos da matéria de ensino devem estar organizados de modo hierárquico, onde alguns tópicos dependam do seu antecessor. Dessa forma, segundo Ausubel, se o conteúdo estiver disposto dessa maneira, a organização dos subsunçores fica facilitada para o aluno. Por fim, a consolidação, onde o que foi ensinado deve ser verificado a fim de assegurar continuidade no conteúdo e êxito na sequência de aprendizagem elaborada.

Para melhor entendimento da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Moreira e Buchweitz (MOREIRA E BUCHWEITZ, 1993) representaram por meio de um mapa conceitual os conceitos básicos da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que pode ser visto na figura 11. Dentre os conceitos mostrados no mapa conceitual, podemos identificar os quatro princípios facilitadores, anteriormente citados.

Figura 11 - Alguns conceitos básicos da teoria de Ausubel representado por meio de um mapa conceitual.



FONTE: Moreira e Buchweitz, 1993

A aprendizagem significativa não se trata de um processo simples. Para ser significativa, a aprendizagem necessita ser também substantiva, ou seja, uma vez aprendido determinado conteúdo, o indivíduo é apto a explicá-lo com as suas próprias palavras. Portanto, um mesmo conceito pode ser expresso em linguagem sinônima e transmitir o mesmo significado (ARAGÃO, 1976).

Alguns trabalhos apresentaram produtos educacionais potencialmente significativos, sempre baseados na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. SANTOS (2014) sugere a construção de um experimento para uma análise quantitativa de transmitância e refletância luminosa utilizando o Arduino.

Verificou-se que o material produzido e aplicado permitiu que os estudantes, ao confrontarem situações reais com ideais, se aprofundassem em diversos conceitos da Óptica. A comparação dos resultados obtidos no pré e pós-teste corrobora ou, no mínimo, não descarta essa hipótese. De modo geral, a inserção dessa nova metodologia permitiu a criação de uma dinâmica de aula diferente, que manteve os estudantes motivados e participativos durante todo o processo de ensino-aprendizagem. (SANTOS, 2014)

No próximo capítulo apresentamos o nosso trabalho, onde consideramos a teoria de Ausubel. Inicialmente, o aluno teve contato com o conteúdo de óptica em sala de aula, por meio de uma aula tradicional, formando assim os seus subsunçores. Tais subsunçores foram identificados por meio dos questionários iniciais. Em seguida, novas informações adquiridas a partir do procedimento experimental e os elementos existentes se reorganizam gerando novos significados, como funciona a reconciliação integradora. Por fim, por meio dos questionários finais verificamos se obtivemos êxito na sequência elaborada.

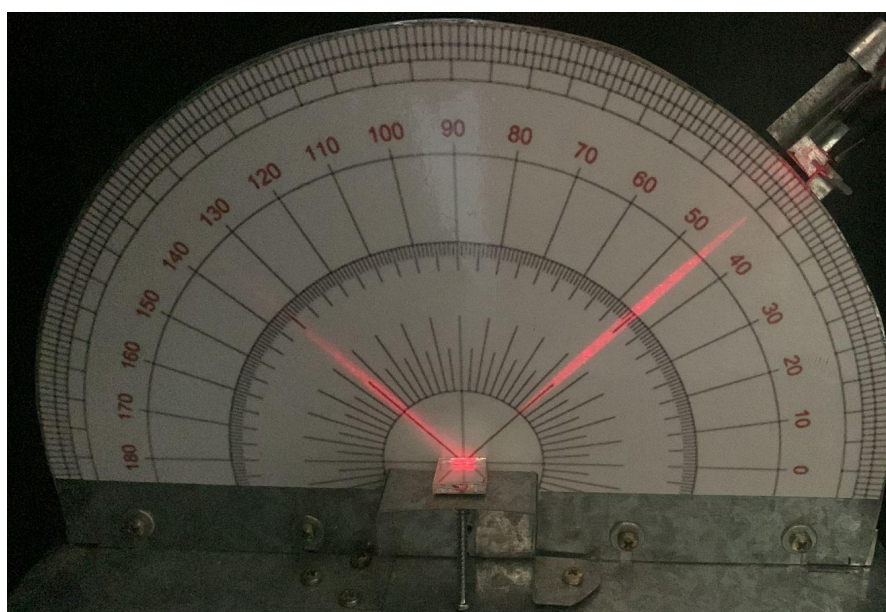
4. PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo da dissertação, apresentamos a produção do Produto Educacional, onde propomos a utilização de um experimento remoto controlado por Arduino nas aulas de Física do Ensino Médio, mais especificamente no ensino de Óptica, como ferramenta para uma aprendizagem potencialmente significativa. Também acompanha o produto, um guia prático de utilização, tal item pode ser encontrado na apêndice C.

4.1. Apresentação Geral do Aparato experimental

O protótipo experimental utilizado foi projetado e construído artesanalmente, tendo em mente a observação experimental da 2ª lei de reflexão. Trata-se, em resumo, de um laser que emite um feixe em direção a um espelho plano, onde os ângulos de incidência e reflexão podem ser vistos com auxílio de um transferidor. Na figura 12 podemos ver a parte frontal do aparato experimental. No momento da foto o laser aponta para o espelho fazendo um ângulo de 45° .

Figura 12 - Visão frontal do protótipo experimental com laser apontando para o espelho formando um ângulo de 45°

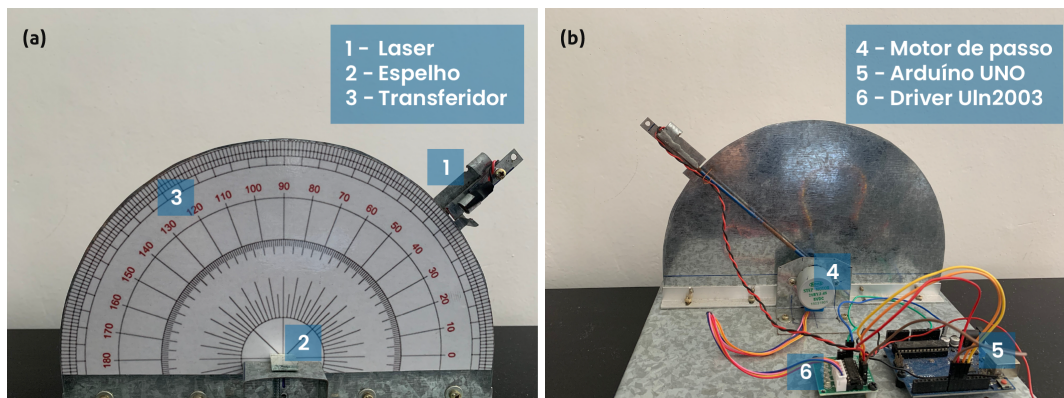


FONTE: Autora, 2022.

Para uma melhor visualização, nas figuras 13(a) (b) apresentamos a estrutura física do protótipo experimental de maneira mais detalhada. Na figura 13a temos a vista frontal, onde vemos o laser (1), o espelho (2) no centro do transferidor (3). Na figura 13b temos uma melhor compreensão sobre o funcionamento do protótipo. O motor de passo (4) junto com o

driver Uln2003 são responsáveis por promover o giro da haste que sustenta o laser. Este movimento é controlado pelo arduíno UNO (5).

Figura 13 - (a) Vista frontal do protótipo experimental (b) Vista posterior do protótipo experimental

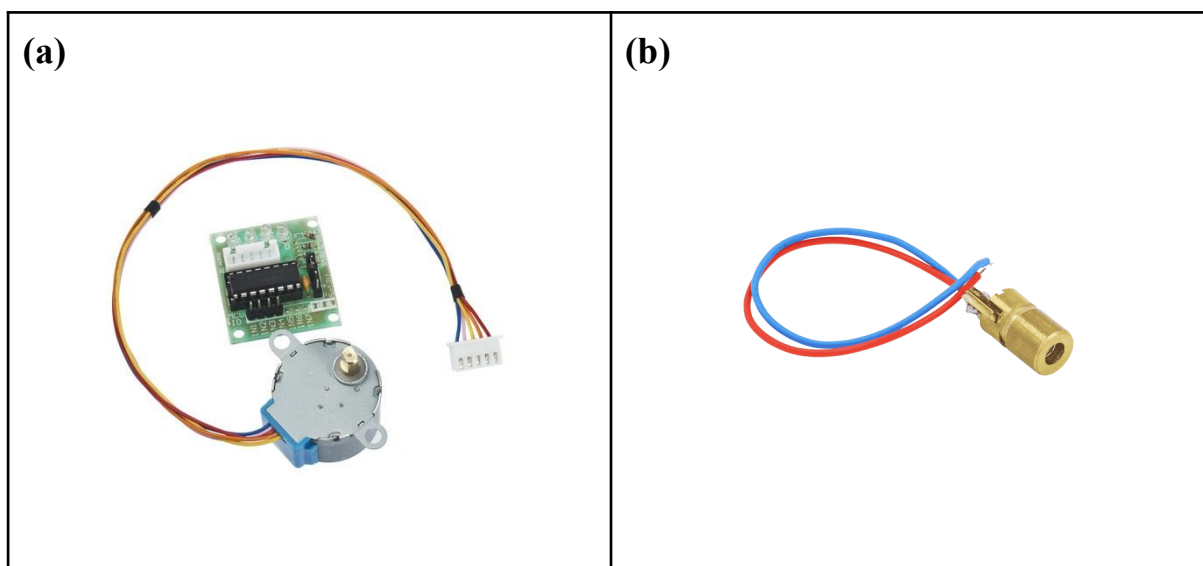


FONTE: Autora, 2022.

Dos equipamentos eletroeletrônicos utilizados, o Motor de Passo juntamente com o Driver Uln2003 (Figura 14a) é um dos mais importantes, onde a sua característica principal é o controle preciso da posição do seu eixo, da velocidade e torque aplicados pelo motor. Cada motor possui um número específico de passos por revolução. Nos motores disponíveis comercialmente esse número geralmente varia de 3 a 72 passos. O motor que utilizamos no protótipo, realiza 64 passos por revolução e possui uma caixa de redução de 64x que faz com que sejam necessários 4096 passos do motor para que uma volta do eixo seja completada. Dessa forma é possível movimentar o eixo precisamente $0,088^\circ$ de cada vez (COELHO, 2020). O Driver Uln2003 é comercializado junto com o Motor de Passo. Ele é utilizado como a maneira mais simples de fazer interface com um motor de passo unipolar com Arduino, pois nele contém um chip **ULN2003A**. Este circuito integrado contém sete transistores Darlington e é como se houvesse sete transistores TIP120 tudo em um pacote, suportando até 500 mA por canal e com uma queda de tensão interna de cerca de 1V quando ligado (THOMSEN, 2018). Outro equipamento utilizado é o Laser de Diodo (Ver figura 14b), que possui longo alcance e alta potência, gerando um feixe de luz em formato de ponto.

O controle e o manuseio do protótipo experimental é mediado por uma interface gráfica, desenvolvida para o projeto. Vejamos na próxima seção.

Figura 14 - Equipamentos eletroeletrônicos utilizados (a) Motor de Passo + Driver Uln2003 Arduino (b) Laser Diodo 5V



FONTE: Filipeflop, 2010.

4.2. Interface gráfica

A interface gráfica permite a interação por meio de elementos gráficos com os dispositivos digitais. Uma interface gráfica pode conter janelas, menus, ícones, links, botões, imagens, gráficos e até vídeos e transmissões de imagens em tempo real.

Existem alguns *softwares* que permitem a criação de interfaces gráficas. Nós escolhemos o *software* Elipse SCADA² (ELIPSE SOFTWARE, 2015), bastante utilizado para o gerenciamento, em tempo real, de processos industriais, saneamento e infraestrutura, integrando todos estes sistemas em uma arquitetura única. Além de suas diversas formas de utilização, o Elipse SCADA tem algumas vantagens, como o fato de ser gratuito e ser adaptável a qualquer linguagem de programação para desenvolver sua interface nele, podendo também fazer uma conexão com o arduino através do protocolo MODBUS³ (com biblioteca disponível).

² Ferramenta voltada para o desenvolvimento de sistemas supervisórios e de controle de processo visando atender as mais diversas necessidades em virtude de disponibilizar vários recursos para o usuário. Permite ao usuário monitorar variáveis em tempo real através de elementos gráficos, bem como realizar acionamentos através de envio de informações aos dispositivos existentes.

³ Protocolo de comunicação de dados utilizados em sistemas de automação industrial, é uma estrutura de mensagem aberta utilizada para comunicação entre dispositivos mestre-escravo/clienteservidor. É um dos protocolos mais utilizados na automação industrial, graças a sua simplicidade e facilidade de implementação, podendo ser utilizado em diversos padrões de meio físico.

Fazendo o uso do software acima citado, foi desenvolvida a interface gráfica para controle do protótipo experimental. Na figura 15 podemos ver a tela inicial da interface, onde o usuário pode acessar as abas de Fundamentação Teórica, Experimento, Autores e Referencial.

Figura 15 - Tela inicial da interface gráfica

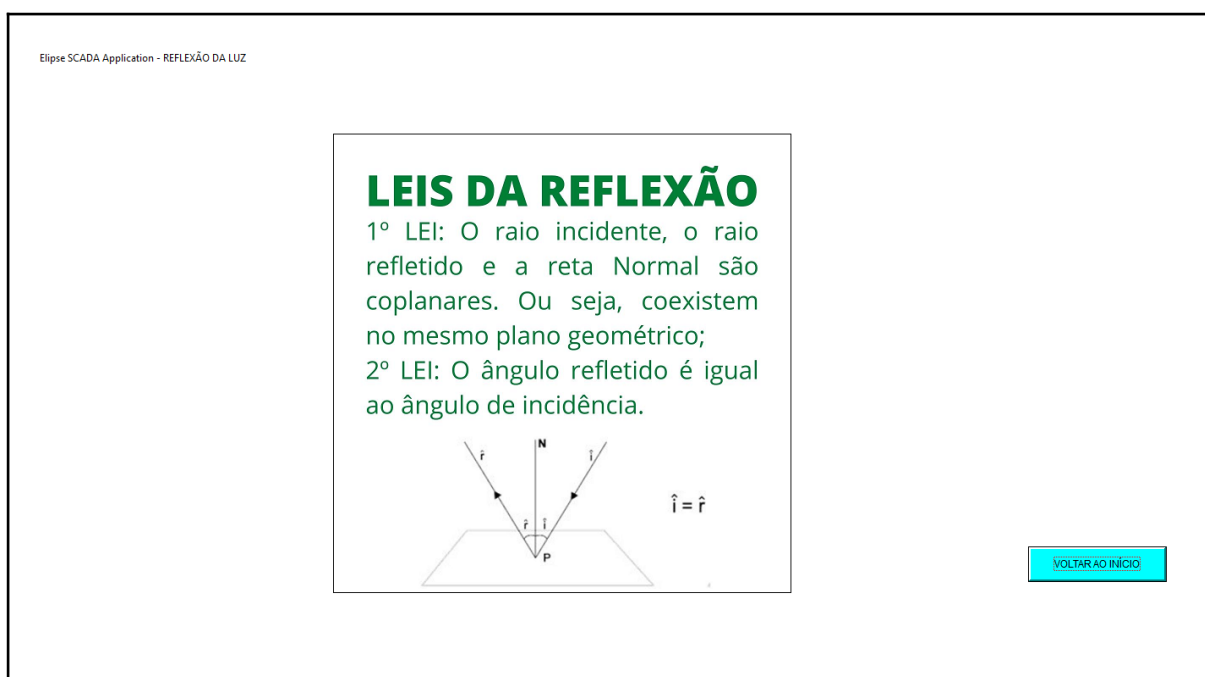


FONTE: Autora, 2022

Quando o aluno acessa a aba de Fundamentação Teórica (ver figura 16), ele passa a ver a definição das Leis da Reflexão. Nessa página, o aluno poderá tirar algumas dúvidas sobre a teoria a ser observada no experimento.

Ao selecionar o botão Experimento, o aluno inicia o procedimento experimental. Nesta tela, o aluno terá a opção de selecionar quatro diferentes ângulos: 0° , 30° , 45° e 60° . Podemos ver tais observações na figura 17, onde o ângulo de 60° está selecionado. Vemos claramente que o ângulo entre a reta normal à superfície do espelho e o raio de incidência é igual ao ângulo entre a reta normal e o raio refletido.

Figura 16 - Tela de fundamentação teórica



FONTE: Autora, 2022.

Figura 17 - Representação da tela do experimento com o laser apontando 60° com a superfície



FONTE: Autora, 2022.

4.3. Comunicação entre Protótipo e Usuário - Conexão Remota

Para que fosse possível o uso remoto do protótipo experimental, utilizamos o programa de acesso remoto *Teamviewer* (TEAMVIEWER, 2005). Esse programa pode ser instalado gratuitamente, seja no seu computador ou no seu *Smartphone*. O *Teamviewer* foi escolhido por ter um suporte para todos os dispositivos móveis, a mais ampla cobertura de

dispositivos e plataformas, melhor usabilidade e performance, e é protegido por encriptação AES de 256 bits, autenticação em duas etapas, autorização de dispositivos e outros recursos de segurança de nível industrial.

O aluno para ter acesso ao experimento terá que ter o ID e senha do dispositivo de origem, feito isso, a tela de início da interface gráfica aparecerá.

4.4. Conceitos Físicos envolvidos no experimento

A óptica é o ramo da física que estuda a luz e sua interação com a matéria. A história da óptica é longa e rica, tendo suas origens na Grécia antiga e se estendendo até os dias atuais. O estudo da óptica na Grécia antiga remonta ao século V a.C., com filósofos como Empédocles e Demócrito discutindo a natureza da luz e sua propagação. No entanto, foi com a obra "Óptica" de Euclides, no século III a.C., que a óptica começou a ser formalizada como um campo de estudo.

No século X, o físico persa Alhazen (também conhecido como Ibn al-Haytham) realizou uma série de experimentos para estudar a óptica. Ele é creditado com a primeira descrição científica do processo de visão e também formulou a lei da reflexão da luz.

No Renascimento, a óptica passou por uma grande revolução. O físico italiano Galileu Galilei, em 1609, inventou a luneta, que permitiu observações astronômicas mais precisas. Em 1665, o cientista inglês Robert Hooke publicou "Micrographia", a primeira obra a descrever objetos microscópicos com detalhes impressionantes.

A teoria ondulatória da luz foi desenvolvida no século XVII por Christiaan Huygens e posteriormente aperfeiçoada por outros físicos como Thomas Young e Augustin-Jean Fresnel. Essa teoria descreve a luz como uma onda eletromagnética que se propaga através do espaço.

De acordo com a teoria ondulatória, a luz é composta por vibrações elétricas e magnéticas que se propagam perpendicularmente uma em relação à outra e em relação à direção de propagação da onda. Essas ondas são caracterizadas por sua amplitude, frequência e comprimento de onda.

A amplitude da onda é a medida da altura da crista da onda, que corresponde à intensidade da luz. A frequência é o número de oscilações por segundo e está relacionada com a cor da luz, sendo que as cores do espectro visível estão relacionadas com frequências específicas. Já o comprimento de onda é a distância entre duas cristas consecutivas e também está relacionado com a cor da luz, sendo que as cores do espectro visível estão relacionadas com comprimentos de onda específicos.

A teoria ondulatória também explica a interferência e a difração da luz. A interferência ocorre quando duas ondas de luz se encontram e se superpõem, podendo levar ao reforço ou à anulação da luz em pontos específicos. Já a difração ocorre quando a luz passa por uma abertura ou contorno de um objeto, e pode levar a padrões de interferência complexos que dependem do comprimento de onda da luz e do tamanho da abertura ou objeto.

A teoria ondulatória da luz é fundamental para a compreensão de fenômenos ópticos como a reflexão, a refração, a difração e a polarização da luz. Ela também é importante para o desenvolvimento de tecnologias como as fibras ópticas, que são utilizadas em comunicações e transmissão de dados de alta velocidade.

No entanto, a teoria ondulatória não explica completamente alguns fenômenos ópticos, como o efeito fotoelétrico, que só pode ser explicado pela teoria quântica da luz. Essa teoria postula que a luz é composta por partículas chamadas fótons, que possuem energia quantizada e se comportam como onda-partículas em diferentes situações.

Isaac Newton também contribuiu significativamente para a óptica no século XVII. Ele demonstrou que a luz branca é composta de diferentes cores e criou o primeiro telescópio refletor. Além disso, ele formulou as leis da refração e desenvolveu a teoria corpuscular da luz, que afirmava que a luz consiste em partículas.

A teoria corpuscular da luz foi proposta por Isaac Newton no final do século XVII, como uma alternativa à teoria ondulatória que havia sido desenvolvida por Christiaan Huygens. Segundo essa teoria, a luz é composta por partículas chamadas corpúsculos que se propagam em linha reta através do espaço.

De acordo com a teoria corpuscular, a cor da luz é determinada pela velocidade e tamanho dos corpúsculos, sendo que as cores mais visíveis são aquelas que correspondem a corpúsculos de maior tamanho e menor velocidade. Além disso, a teoria sugere que os corpúsculos interagem com a matéria de forma diferente dependendo do seu tamanho e velocidade, o que pode explicar fenômenos como a reflexão e refração da luz.

A teoria corpuscular também foi capaz de explicar a natureza da luz polarizada, que é aquela que se propaga em uma única direção. Newton propôs que a luz polarizada é o resultado da reflexão dos corpúsculos em superfícies específicas, que agem como filtros que permitem a passagem apenas de corpúsculos com polarização linear.

No entanto, a teoria corpuscular da luz foi abandonada em favor da teoria ondulatória na medida em que novas observações e experimentos mostraram que a luz apresentava comportamentos ondulatórios, como a difração e a interferência. A teoria corpuscular também não conseguiu explicar o fenômeno da interferência, que é a sobreposição de duas ondas de luz para formar um padrão de interferência.

Apesar de ter sido substituída pela teoria ondulatória, a teoria corpuscular teve um papel importante na evolução da física moderna. Ela levou a discussões e experimentos que ajudaram a compreender melhor a natureza da luz e contribuíram para o desenvolvimento de outras teorias, como a teoria quântica da luz.

No século XIX, a óptica passou por mais avanços significativos. Em 1801, o físico britânico Thomas Young realizou o famoso experimento da dupla fenda, que mostrou que a luz pode exibir comportamento ondulatório. Em 1850, o físico francês Augustin-Jean Fresnel desenvolveu uma teoria matemática para descrever a difração da luz ao redor de obstáculos.

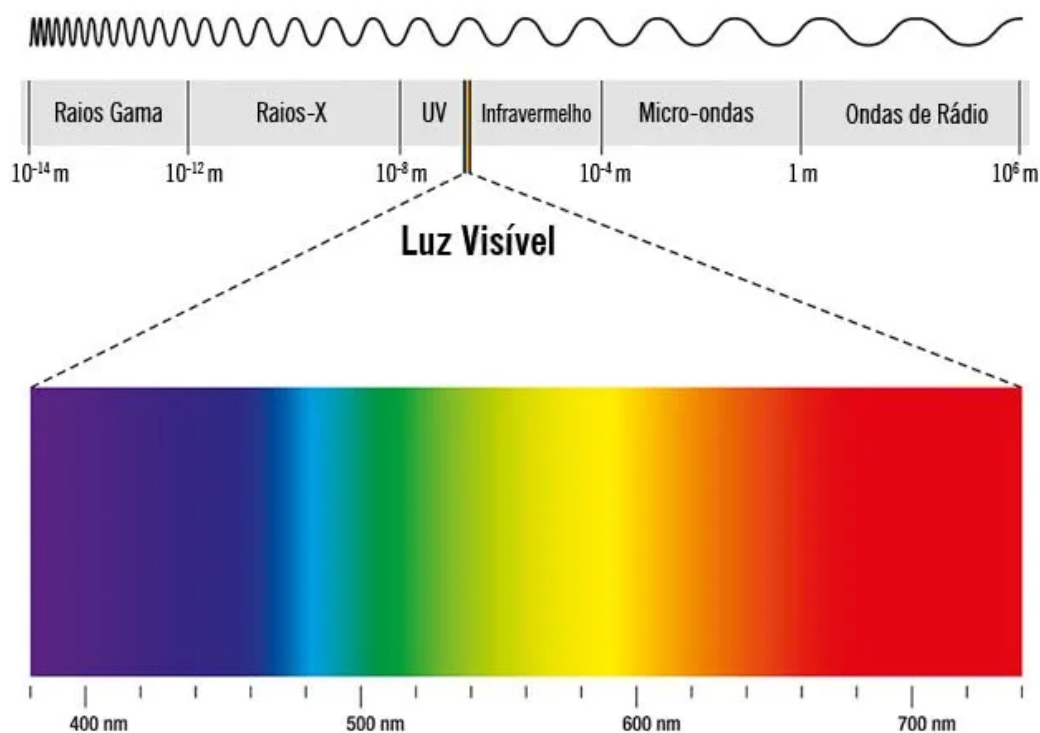
No século XX, a óptica continuou a evoluir com o desenvolvimento de novas tecnologias. Em 1905, Albert Einstein propôs a teoria da emissão estimulada, que seria a base para a criação do laser. Em 1960, o primeiro laser foi construído pelo físico norte-americano Theodore Maiman.

Hoje em dia, a óptica é um campo em constante evolução, com aplicações que vão desde a medicina até a comunicação. Novas tecnologias, como a fibra óptica e a holografia, continuam a expandir nossas capacidades de explorar e compreender o mundo ao nosso redor.

A luz é uma onda eletromagnética que sensibiliza nossos órgãos visuais. Ela se propaga nos meios materiais e também na ausência de matéria, que chamamos vácuo. Em meados do século XIX, só eram conhecidas a luz visível e os raios ultravioletas e infravermelhos. Hertz descobriu, inspirado em Maxwell, as ondas de rádio, como conhecemos hoje, e que possui a mesma velocidade da luz visível. A velocidade da luz no vácuo é exatamente $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$, que usualmente, aproximamos para $3,00 \times 10^8\text{ m/s}$.

Atualmente conhecemos um vasto espectro de ondas eletromagnéticas, como podemos ver na figura 18, que chamamos de Espectro Eletromagnético. "Espectro eletromagnético é o intervalo de todas as frequências de ondas eletromagnéticas existentes. O espectro eletromagnético da figura é apresentado em ordem crescente de comprimento de onda, começando pelos Raios Gama, passando pela radiação visível até as Ondas de Rádio, de maior comprimento de onda. Também é comum encontrarmos representações deste mesmo espectro utilizando uma ordem crescente de frequência.

Figura 18 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Espectro Eletromagnético. Toda Matéria, 2022

O espectro visível está relacionado às ondas eletromagnéticas cujo comprimento de onda estão localizados entre ultravioleta e infravermelho, de 400nm a 700nm.

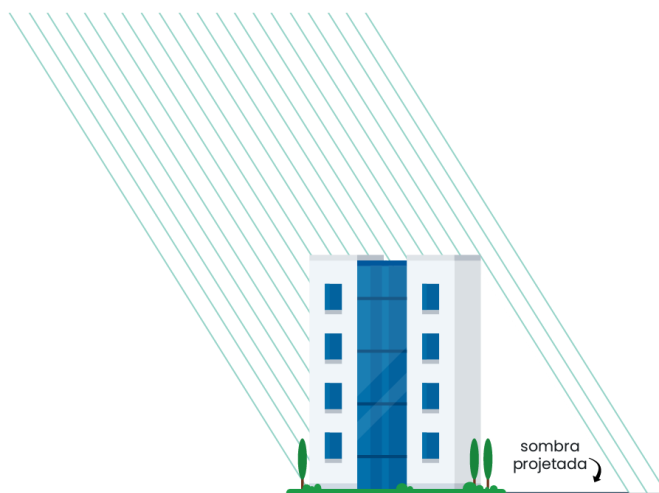
Maxwell em seu livro “A Treatise on Electricity and Magnetism” afirmava que a luz consiste em ondulações transversais do mesmo meio que é causa dos fenômenos elétricos e magnéticos (MAXWELL apud HEWITT 2011, p. 463). Ou seja, a luz consiste na oscilação de campos elétricos e magnéticos, formando uma onda eletromagnética. Louis De Broglie declara que a luz apresenta uma natureza dual, apresentando características de onda e de partícula, isto é, uma onda-partícula (JEWETT; SERWAY, 2012; ROCHA et al., 2015).

Quando a luz atravessa orifícios ou barreiras com dimensões muito maiores que seu comprimento de onda não percebemos seu caráter ondulatório e efeitos como a difração podem ser ignorados. Ou seja, o domínio de validade da óptica geométrica está nas escalas muito maiores do que o comprimento de onda da luz considerada, como trata-se o fenômeno observado na prática experimental proposta. A óptica geométrica se aplica ao estudo do fenômeno da reflexão e refração luminosa, sendo utilizada em análise de espelhos e lentes. Por outro lado, ela não pode ser aplicada para explicar interferência e difração, pois nesses fenômenos a correlação entre as fases das ondas possui um papel importante.

Existem três princípios da óptica geométrica: Propagação retilínea da luz, princípio da independência dos raios luminoso e princípio da reversibilidade dos raios luminosos.

O princípio da propagação retilínea da luz estabelece que, nos meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta, como podemos observar na figura 19.

Figura 19 - Representação gráfica de raios de luz se propagando em linha reta em direção à uma estrutura predial.



FONTE: Autora, 2022.

O princípio da independência dos raios luminosos (ver figura 20) estabelece que as trajetórias dos raios de luz são independentes. Isso significa que, quando vários feixes luminosos são emitidos simultaneamente por fontes diferentes, cada um deles se comporta como se os outros não existissem; eles podem se cruzar sem que um altere a propagação do outro. O princípio da reversibilidade dos raios luminosos estabelece que a trajetória de um raio de luz não se modifica quando se inverte o sentido de sua propagação.

Figura 20 - Representação gráfica do princípio da independência dos raios luminosos, onde duas fontes luminosas se cruzam sem que uma altere a propagação da outra.



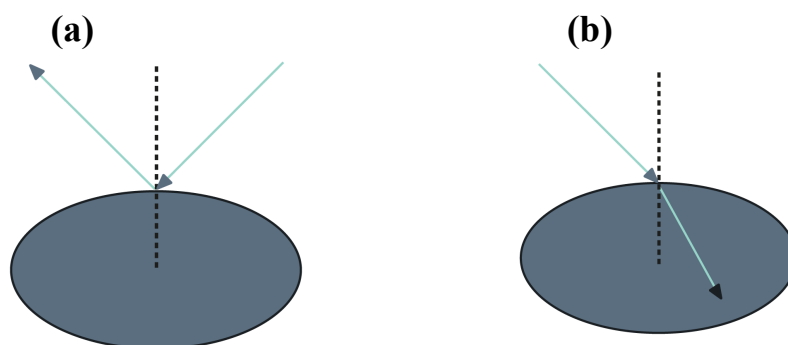
FONTE: Autora, 2022.

Existem determinados corpos que emitem luz naturalmente, sendo chamados de corpos luminosos. Estes constituem as fontes primárias de luz. Como exemplo, temos as estrelas (fontes naturais) e as lâmpadas acesas (fontes artificiais).

A maioria dos corpos, como a Lua, em condições normais, não emitem luz, ou seja, não são luminosos. Esses corpos somente são visíveis quando refletem a luz que recebem e, por isso, são fontes de luz secundárias, chamados de corpos iluminados. Os corpos iluminados podem, em determinadas situações, tornar-se corpos luminosos. Como exemplo, pode-se citar um metal aquecido ao rubro ou um fragmento de carvão em brasa.

Quando a luz atinge a fronteira entre dois meios ópticos, podem ocorrer basicamente três fenômenos luminosos: reflexão, refração e absorção. Na figura 18, podemos ver dois desses fenômenos. A esquerda, podemos observar o fenômeno de Reflexão da Luz, e a direita, o fenômeno de Refração.

Figura 21 - Representação gráfica de dois fenômenos ópticos (a) Reflexão (b) Refração



FONTE: Autora, 2022.

A reflexão da luz acontece quando um raio de luz incide em uma superfície e retorna para o meio de origem (Ver fig. 21a). A reflexão pode ser regular ou difusa, dependendo da superfície refletora ser lisa ou áspera. Nos espelhos em geral, temos reflexão regular, enquanto em uma parede caiada, temos a reflexão difusa. No fenômeno de refração da luz, quando a mesma penetra em um meio translúcido ou transparente, a sua velocidade muda e o raio de luz sofre um desvio (Ver fig. 21b). A refração pode ser regular, como em uma superfície tranquila das águas de um lago, ou difusa, como em uma janela de vidro fosco.

4.4.1. Leis da Reflexão

A reflexão da luz se processa obedecendo a determinadas leis. Conhecendo-se o raio incidente e a superfície em que ele vai incidir, essas leis nos permitem prever como será o raio refletido.

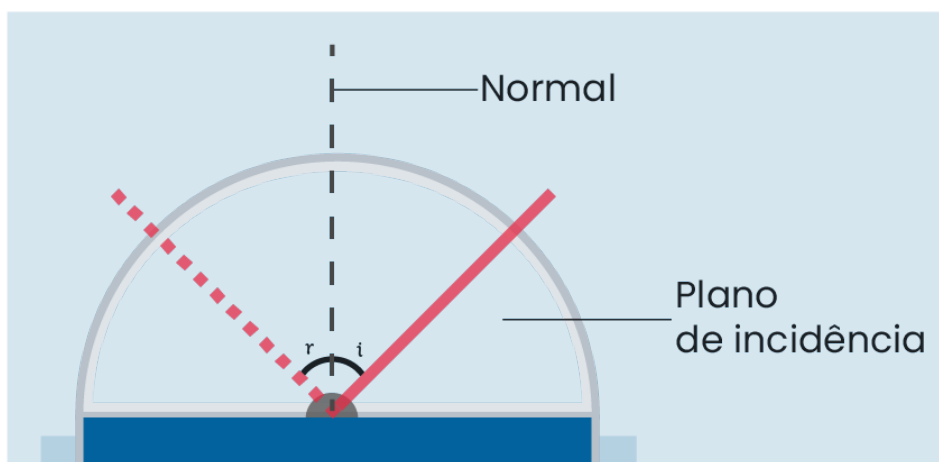
O fenômeno da reflexão luminosa, representado na figura 22, ocorre quando um raio de luz incide na superfície de separação de dois meios e retorna ao meio de origem.

A reflexão luminosa de um raio de luz obedece a duas leis:

- O raio incidente, o raio refletido e a normal à superfície no ponto de incidência estão no mesmo plano.

- A medida do ângulo de incidência (i) é igual à medida do ângulo de reflexão (r), ou seja, $i = r$

Figura 22 - Reflexão da luz com destaque para o plano de incidência



FONTE: Autora, 2022.

As leis da reflexão luminosa são válidas tanto para superfícies lisas como para rugosas. No segundo caso, devido à irregularidade da superfície, a reta normal, ponto a ponto, varia bruscamente de direção. Esse fato faz com que a luz seja refletida em todas as direções. Nas superfícies lisas – planas ou não – existe regularidade na direção da luz refletida; por isso, elas não são convenientes para a difusão da luz, mas são adequadas para a obtenção de espelhos, nos quais a luz refletida é direcionada.

Em nosso experimento temos um apontador laser vermelho (650nm) sendo direcionado para um espelho plano posicionado no centro do transferidor. Tendo em mente os limites da óptica geométrica e a lei da reflexão, veremos que o raio refletido formará um ângulo de reflexão com a reta normal igual ao ângulo incidente.

4.5. Custo do projeto

Nesta subseção, o orçamento para a construção do experimento será apresentado com base nos preços atuais do mercado nacional. Alguns preços indicados são de *sites* de vendas de equipamentos eletrônicos e outros de fornecedores nacionais. A estrutura experimental foi confeccionada em conjunto com um professor de física do Rio de Janeiro. Na tabela 1, podemos ver esses valores.

TABELA 1 - Valores dos materiais utilizados na produção do protótipo experimental apresentado nessa dissertação.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	PREÇO
1	Estrutura experimental	1	R\$ 270,00
2	Arduino UNO R3 + cabo USB	1	R\$ 59,95
3	Motor de passo + Driver Uln 2003	1	R\$ 21,90
4	Diodo laser 5V	1	R\$ 4,90
5	Protoboard	1	R\$ 45,90
6	Kit Jumpers	1	R\$ 29,90
		TOTAL	R\$ 432,55

Fonte: Autora, 2022.

No mercado não é possível encontrar um protótipo experimental com a mesma finalidade e estrutura. Na AZEHEB podemos encontrar um conjunto compacto de ótica, como mostramos na figura 23. O conjunto possui uma estrutura versátil, com uma fonte de luz com lâmpada halógena de 20W/12V e acessórios, como espelhos, lentes de acrílico e filtros de cor. O equipamento é fabricado pela AZEHEB Laboratórios Educacionais, e custa R\$ 1498,00.

Figura 23 - Anúncio de kit de experimento sobre óptica



FONTE: AZEHEB, 2022

Comparando com o valor total utilizado para a produção do protótipo experimental (Tabela 1), não torna-se viável adquirir esse kit experimental de óptica (fig. 23). O protótipo descrito, além de ter um custo mais acessível, é uma estrutura automatizada e controlada remotamente.

5. METODOLOGIA

5.1. Participantes

Esse trabalho foi realizado com os alunos do Ensino Médio da Escola Estadual Maria Salete Gusmão de Araújo (INEP: 27225674), situado no bairro do Osman Loureiro, Maceió-AL. A escola possui uma boa estrutura física, com laboratório de ciências e laboratório de informática, com 20 computadores. A escola também tem um amplo pátio, onde são realizadas algumas atividades extracurriculares. Por turma, são cerca de 35 a 40 alunos com idades entre 16 e 19 anos matriculados. Logo, com toda a estrutura física e organização, a Escola Estadual Maria Salete Gusmão de Araújo foi uma ótima escolha para aplicação e validação deste projeto.

O produto experimental foi aplicado aos alunos das três turmas de 2ª Série do Ensino Médio Regular, visto que o projeto trata de óptica geométrica, conteúdo abordado na matriz curricular da 2ª Série do Ensino Médio. A princípio, o ideal era que todos os alunos participassem, porém, desde o início da sequência metodológica, poucos estavam presentes. Ao todo, foram 20 alunos da turma A (10 meninas e 10 meninos), 18 da turma B (8 meninas e 10 meninos) e 15 da turma C (9 meninas e 6 meninos). A média de idade dos alunos participantes é de 17 anos.

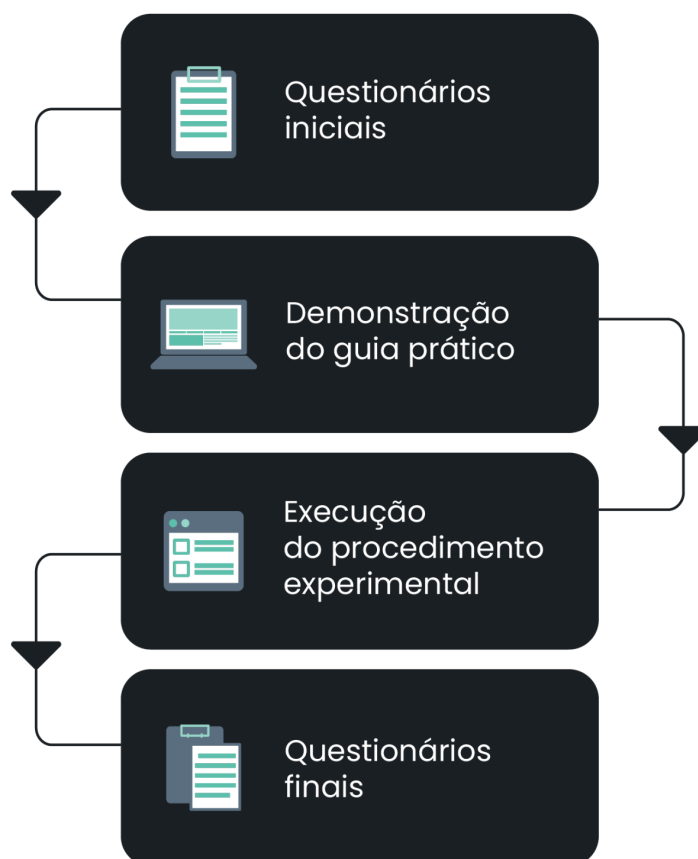
Quem realizou o processo de aplicação foi o Profº Drº Anderson Buarque, visto que eu ainda me encontrava em licença maternidade no período de aplicação. Buarque é Licenciado, Mestre e Doutor em Física pela Universidade Federal de Alagoas, e se dispôs a participar da aplicação desse produto, já que é o professor efetivo da escola escolhida.

5.2. Aplicação

Antes de iniciarmos com a prática experimental, submetemos os alunos ao questionário 1 - Qualitativo (Apêndice A), a fim de avaliar os subsunçores e o questionário 2 - Avaliação de aprendizagem (Apêndice B). Ambos foram respondidos de forma *online* através do google formulário. Posteriormente, foi realizada uma demonstração do Guia prático (Apêndice C), como mostramos no diagrama representativo da sequência metodológica aplicada na figura 24. Após aplicarmos os questionários iniciais e demonstrarmos o guia prático, num outro momento, aplicamos a prática experimental com os alunos participantes. Tal sequência foi finalizada com a reaplicação do questionário 2 (Avaliação de aprendizagem) e aplicação do questionário 3 - Avaliação de satisfação

(Apêndice D), com o foco de alcançar resultados satisfatórios para o objetivo geral do produto educacional.

Figura 24 - Diagrama representativo da sequência metodológica aplicada



FONTE: Autora, 2022

5.2.1. Questionários iniciais

Os questionários iniciais fazem referência ao questionário 1 e 2 (APÊNDICE A e B). O questionário 1 foi aplicado no horário da manhã com a turma A, e no horário da tarde com as turmas B e C com o objetivo de identificar os subsunçores. O segundo questionário também foi aplicado no mesmo dia, a fim de realizar uma análise quantitativa, já que se trata de um questionário de avaliação. Devido a algumas intercorrências com o laboratório de informática, os alunos responderam aos questionários através do *smartphone* de cada.

5.2.2. Demonstração do Guia prático

Para um melhor uso da interface, foi elaborado um guia prático, utilizado tanto pelo professor como pelo aluno. O objetivo principal deste guia (APÊNDICE C) é familiarizar o professor e os alunos com a plataforma, facilitando a utilização da melhor forma possível.

Como o produto em questão trata-se de uma experimentação remota, se fez necessário fazer uma apresentação do guia para o professor aplicador de forma *online*.

Após o professor aplicador ficar habituado com a plataforma, o mesmo, no dia 31 de outubro de 2022, levou para as suas turmas o guia prático e agendou com os mesmos a aplicação do experimento, que ocorreu em novembro.

5.2.3. Execução do procedimento experimental

Em outro momento, houve a aplicação do protótipo experimental. A princípio, cada aluno iria manipulá-lo individualmente, mas devido ao pouco tempo, já que as aulas das turmas A e B ocorrerem em dias diferentes, e a quantidade de alunos participantes, apenas a turma C participou dessa forma. Segundo Roberto (ROBERTO, 2009), a maioria dos fatores que impedem as práticas experimentais são contornáveis, mas, a falta de tempo (horas aulas) é o principal empecilho, considerando-se que a carga horária anual de Física é de 80 horas aula, sendo apenas 2 por semana (SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE ALAGOAS, 2017). Logo, as aulas demonstrativas aparecem como uma opção de maior viabilidade (ROBERTO, 2009), sendo assim, nas turmas A e B, realizamos a aplicação de forma demonstrativa.

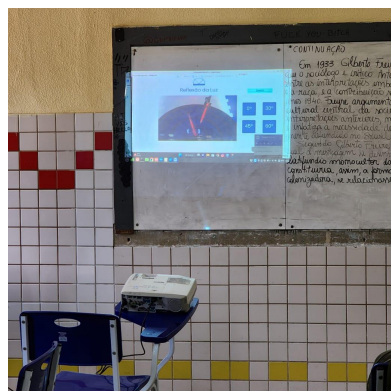
Devido a algumas intercorrências, a aplicação do procedimento experimental demorou um pouco para acontecer. A aplicação na turma A aconteceu no horário matutino, e nas turmas B (ver figura 25a e 25b) e C (ver figura 25), no horário vespertino. Para as turmas A e B a aplicação foi realizada da mesma maneira, de forma expositiva, onde o professor projetou a interface gráfica no quadro da sala e foi manuseando a mesma e pedindo para que os alunos fizessem anotações.

Figura 25 - Aplicação da prática experimental na turma (a) A e (b) B

(a)



(b)



Fonte: Buarque, A. 2022

Por ser a turma com a menor quantidade de alunos participantes, na turma C a aplicação ocorreu de forma diferente: os alunos tiveram contato direto com a plataforma, acessando do *notebook* do professor, tendo maior liberdade de manuseio. Na figura 26, podemos ver um aluno acessando a interface gráfica do experimento.

Figura 26 - Aluno manuseando interface gráfica na aplicação da prática experimental na turma C



Fonte: Buarque, A. 2022

Ao fim da aplicação, foi enviado aos alunos os questionários finais, para que os mesmos respondessem até o final da aula.

5.2.4. Questionários finais

Os questionários finais foram respondidos pelos alunos no mesmo dia da aplicação do experimento remoto. Os *links* com os questionários foram disponibilizados pelo professor aplicador logo após a conclusão da prática experimental. Os alunos tiveram tempo adequado para respondê-los ali mesmo na sala de aula. Todas as Turmas foram submetidas ao mesmo protocolo.

Os questionários, iniciais e os finais, foram extremamente importantes para uma análise da qualidade do produto educacional e para confirmar que trata-se de uma alternativa de ensino potencialmente significativa. No próximo capítulo serão analisados esses resultados.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a metodologia supracitada, avaliamos as respostas dos questionários e organizamos os seguintes resultados.

6.1. Questionário 1

O primeiro questionário aplicado teve por objetivo identificar os subsunçores de cada turma. Esse questionário é composto por 3 questões, sendo uma aberta e as demais no formato de associação de colunas (ver apêndice A). Apresentaremos a seguir a análise das respostas para cada turma individualmente. A análise foi realizada por turmas e os dados registrados com gráficos de barras.

6.1.1. Questão 1

Inicialmente, ao aplicarmos o primeiro questionário e avaliarmos os resultados do mesmo, conseguimos perceber uma certa dificuldade dos alunos para com o conteúdo de Óptica Geométrica. Acreditamos que a dificuldade de aprendizagem dos alunos está relacionada à falta de práticas experimentais, que se dá por diversos motivos, como por exemplo, a falta de laboratórios de ciências adequados para o uso, apoio técnico, material experimental, e quantidade de horas de aula limitadas.

O questionário 1 iniciava com a questão aberta: **Descreva com suas palavras o que você entende da Óptica Geométrica. Caso conheça algum fenômeno relacionado ao tema, cite-o.** Analisando as respostas dos 20 alunos da turma A, apenas 6 alunos conseguiram descrever de forma clara o que foi solicitado, dentre eles, 2 alunos citaram o fenômeno de reflexão da luz.

- ALUNO A: É o ramo da óptica que se baseia na noção de raio de luz para descrever os fenômenos como a reflexão.
- ALUNO B: A Óptica Geométrica é um estudo que estuda como a luz funciona. O fenômeno pode ser reflexão e refração.

Os alunos da turma B tiveram um desempenho bem similar aos da turma A. Foram 18 alunos que responderam o questionário, mas apenas 5 alunos responderam de forma correta e nenhum deles citaram reflexão da luz como um fenômeno da Óptica Geométrica. Abaixo, podemos ver um exemplo das respostas dadas:

- ALUNO C: Eu entendo que a Óptica Geométrica é a área da Física que tem como objetivo estudar o comportamento da luz.

Para a turma C, um melhor desempenho era esperado pelo professor aplicador. Foram 15 alunos que responderam ao questionário, sendo 9 o número de alunos que souberam

descrever de forma correta e entre esses 9, 5 citaram a reflexão da luz como um fenômeno óptico. O aluno D respondeu da seguinte forma:

- ALUNO D: Parte da física que estuda a luz e seus fenômenos. Dos fenômenos que lembro, são refração, reflexão nos espelhos.

Em linhas gerais, os resultados mostram que os alunos possuem pouco conhecimento sobre a óptica geométrica e os fenômenos relacionados a ela. Ao avaliarmos o quadro geral (todas as turmas), somente 13,20% dos alunos citaram o fenômeno de reflexão como relacionado à descrição de óptica geométrica.

6.1.2. Questão 2

A segunda pergunta do questionário 2, trata-se de uma associação de colunas, como mostra a figura 27.

Figura 27 - Segunda pergunta do questionário 1: Associação de colunas sobre os princípios da Óptica Geométrica

	Princípio da reversibilidade dos raios	Propagação retilínea	Princípio da independência dos raios
Em um meio homogêneo e transparente, a luz se propaga em linha reta.	☐	☐	☐
A trajetória descrita por um raio de luz independe do sentido do percurso. Quando o sentido de propagação de um raio é invertido, a trajetória descrita por ele não se altera.	☐	☐	☐
Quando dois raios de luz se cruzam, cada um mantém sua trajetória original, como se o outro não existisse. Os raios luminosos se propagam independentemente uns dos outros.	☐	☐	☐

Fonte: Autora, 2022

Na figura 28, podemos ver a porcentagem de acertos referente a cada conceito da associação. Para a turma A (ver figura 28a), com relação ao primeiro conceito, 55% dos alunos responderam corretamente. 35% responderam: Princípio da reversibilidade dos raios e os outros 10% disseram que era: Princípio da independência dos raios.

Já no segundo conceito, a porcentagem de acerto foi menor. Apenas 45% dos alunos responderam de forma correta. Os outros 20% responderam Propagação retilínea da luz e 40% Princípio da independência dos raios.

Por fim, 50% dos alunos responderam corretamente o terceiro conceito. Os demais responderam Princípio da reversibilidade dos raios (25%) e Propagação retilínea (25%).

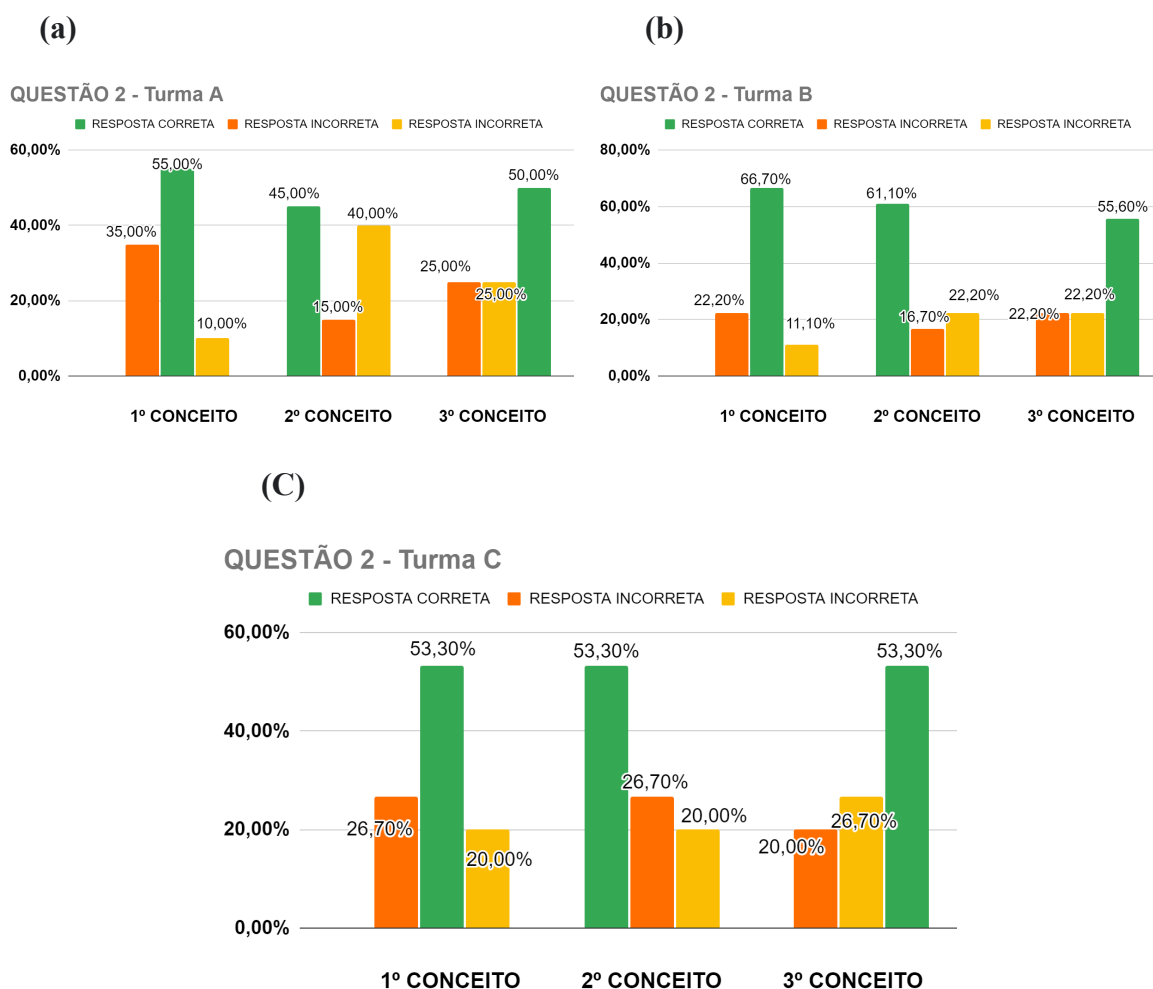
Para a turma B (ver figura 28b), o desempenho foi um pouco melhor. Com relação ao primeiro conceito 66,7% dos alunos responderam corretamente. 22,2% responderam: Princípio da reversibilidade dos raios e os outros 11,1% disseram que era: Princípio da independência dos raios. Por fim, 55,6% dos alunos responderam corretamente sobre o terceiro conceito. Os demais responderam Princípio da reversibilidade dos raios (22,2%) e Propagação retilínea (22,2%).

Dentre os alunos da turma C, 53% dos alunos responderam de forma correta todas as associações, como podemos analisar na figura 28c. Em relação a associação do primeiro conceito, 26,7% dos alunos responderam: Princípio da reversibilidade dos raios. Os 20,0% dos alunos restantes responderam: Princípio da independência dos raios. Para o segundo conceito, 53,3% responderam de forma correta: Princípio da reversibilidade dos raios. De forma incorreta, 26,7% responderam: Propagação retilínea e 20,0% responderam: Princípio da independência dos raios.

No terceiro e último conceito, 53,3% dos alunos responderam corretamente: Princípio da independência dos raios. 20,0% responderam: Princípio da reversibilidade dos raios. Os demais 26,7% responderam: Propagação retilínea.

Figura 28 - Porcentagem de acertos questão 2: Associação de colunas sobre os princípios da Óptica Geométrica

(a) Turma A (b) Turma B (c) Turma C



Fonte: Autora, 2022

6.1.3. Questão 3

A última pergunta do primeiro questionário também trata-se de uma associação de colunas, com o objetivo do aluno conseguir identificar a definição dos fenômenos ópticos citados. Na figura 29, podemos ver como foi organizada essa questão.

Figura 29 - Terceira pergunta do questionário 1: Associação de colunas sobre os Fenômenos Ópticos

	consiste na mudança da velocidade da luz ao passar de um meio para o outro.	se os raios de luz incidirem sobre uma superfície totalmente polida e forem refletidos todos na mesma direção e paralelos entre si.	ocorre quando os raios de luz incidem sobre uma superfície irregular e são refletidos em várias direções distintas.
Reflexão Regular	☐	☐	☐
Reflexão Difusa	☐	☐	☐
Refração	☐	☐	☐

Fonte: Autora, 2022

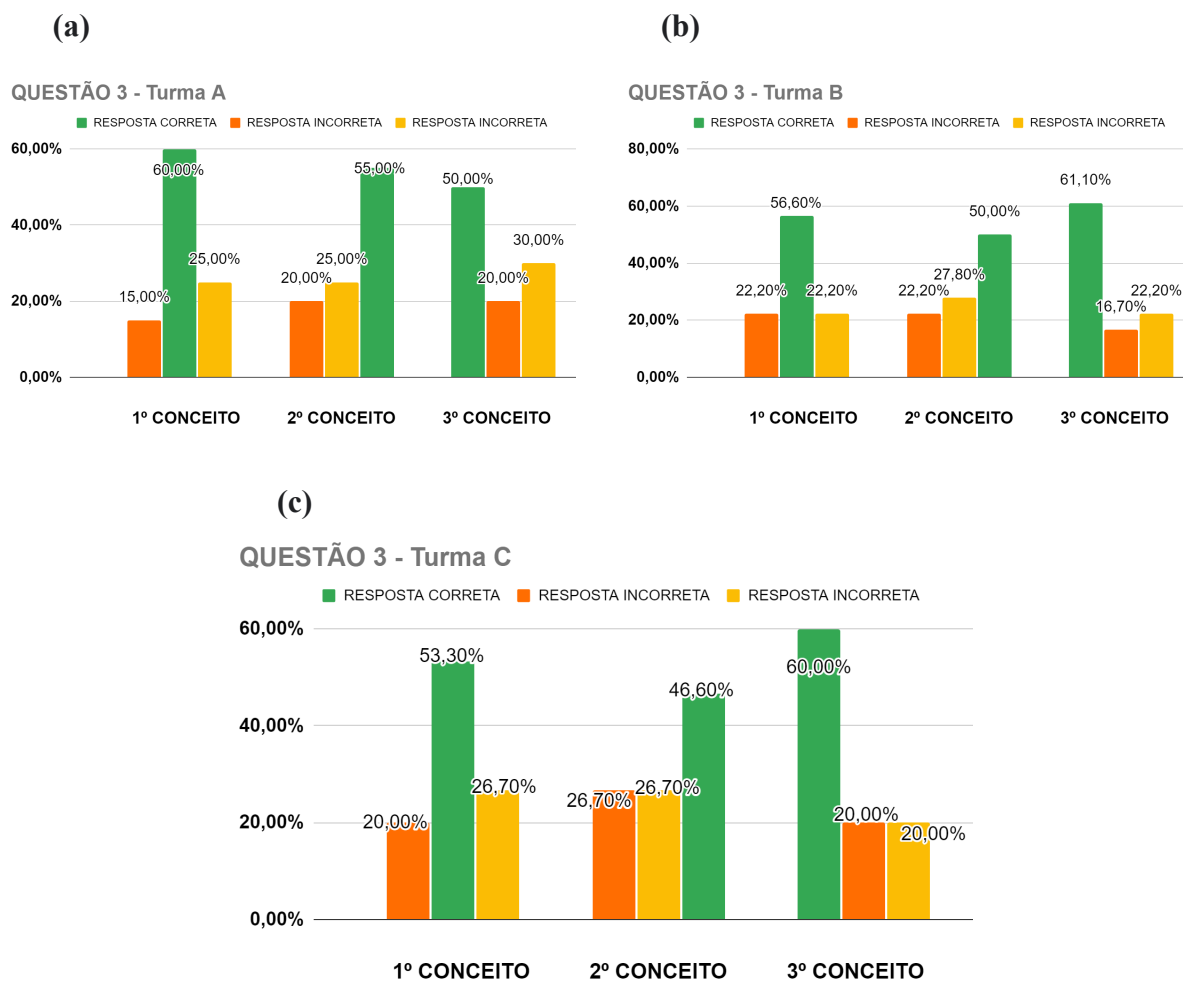
No gráfico da figura 30a podemos ver o desempenho dos alunos da turma A, onde 60% deles responderam de forma correta a definição de Reflexão regular, 55% responderam corretamente, e em relação ao fenômeno de Refração 50% responderam de forma correta.

Analisando a turma B, os alunos tiveram um desempenho similar ao da turma A (ver figura 30b), onde 56,6% dos alunos responderam corretamente o primeiro conceito, 50% acertaram o segundo conceito e 61,1% o terceiro.

O desempenho da turma C nessa segunda questão pode ser analisado com o gráfico da figura 30c. Percebemos que, 53,3% dos alunos responderam de forma correta o primeiro conceito da associação, 46,6% responderam corretamente o segundo conceito e 60% o terceiro conceito.

Analisando os dados obtidos do questionário aplicado nas três turmas, podemos perceber que, inicialmente, os alunos possuem uma dificuldade no conteúdo, alguns chegam a trocar os conceitos ou descrevê-los de forma rasa. O questionário 1 serviu para nos mostrar justamente onde estavam as dificuldades dos alunos, identificar os subsunçores e nos direcionar para uma melhor aplicação.

Figura 30 - Porcentagem de acertos questão 3: Associação de colunas sobre os Fenômenos Ópticos (a) Turma A
(b) Turma B (c) Turma C



Fonte: Autora, 2022

6.2. Questionário 2

O questionário 2 (ver apêndice B) foi aplicado antes e depois do experimento, e possuía 3 questões abertas:

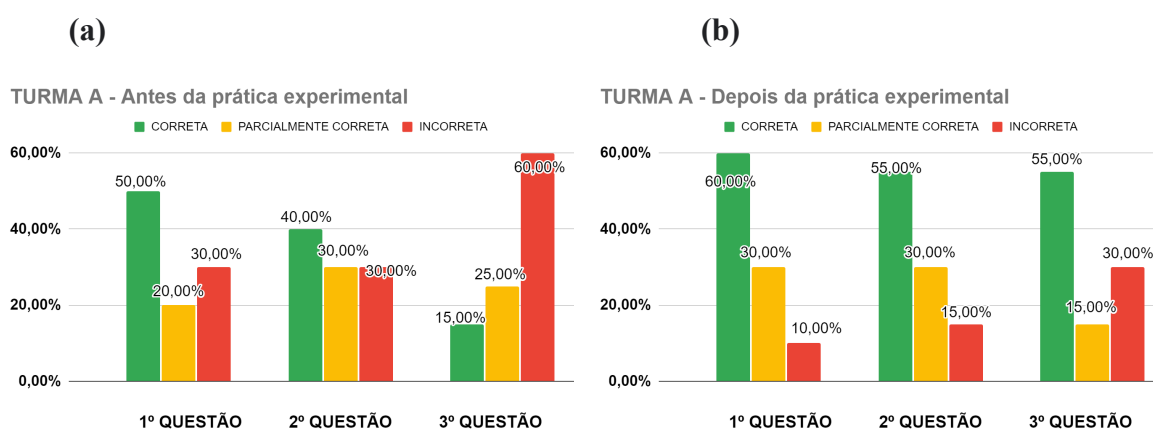
- 1) O que acontece com a medida do ângulo de reflexão, quando se varia o ângulo de incidência?
- 2) Se o raio de luz incidente estiver sobre a reta normal qual será o ângulo de reflexão?
- 3) Como você definiria a 2ª lei de reflexão?

A aplicação desse questionário aconteceu de forma *online*, com a intenção de avaliar o nível de aprendizagem dos alunos antes da prática experimental e pós prática experimental, a fim de verificar se o produto elaborado pode ser considerado potencialmente significativo. A reaplicação do questionário foi realizada logo após a prática experimental. Observamos que

alguns alunos perceberam que se tratava do mesmo questionário e reconheceram que haviam cometido alguns erros quando responderam pela primeira vez. Apresentaremos a seguir alguns resultados obtidos antes e depois da prática experimental considerando uma análise por turma. Visto que a intenção de reaplicar esse questionário foi de avaliar quantitativamente a importância da atividade experimental em questão e a sua potencialidade como uma metodologia para uma aprendizagem significativa, já vos antecipo que os objetivos foram alcançados.

Para a turma A temos os resultados sintetizados na figura 31, sendo a figura 31(a) construída com os dados da aplicação antes da prática experimental e a figura 31(b) construída com os dados da aplicação após a prática experimental.

Figura 31 - Porcentagem de acertos do questionário 2 aplicado na turma A (a) Dados da aplicação antes da prática experimental (b) construída com dados da aplicação após a prática experimental.



FONTE: Autora, 2022.

Das respostas corretas para a primeira pergunta, segue uma que merece destaque:

- Se muda o ângulo de incidência, muda o ângulo de reflexão, ficando iguais.

Também levando em consideração as respostas parcialmente corretas, segue um exemplo:

- O ângulo de reflexão também irá variar.

Na segunda pergunta, podemos ver algumas respostas que estão corretas:

- O ângulo será zero.
- Vai refletir com 0° .

Ainda relacionada à segunda pergunta, segue exemplo das respostas parcialmente corretas:

- Estaria na reta do mesmo jeito.
- O raio irá voltar, não haverá ângulo de reflexão.

- O Raio de luz irá bater e voltar.

Para a terceira e última questão, a maioria não soube definir a 2ª lei de reflexão, resultando um percentual de erro de 60% e alguns alunos definiram a 1ª lei no lugar da 2ª, como o exemplo abaixo:

- A segunda lei da reflexão da luz afirma que os raios de luz incidente e refletido precisam estar contidos no mesmo plano.

Minha sensação é que os alunos têm um conhecimento prévio sobre reflexão da luz um tanto intuitiva, muito relacionado à experiência individual de cada um. Isso explica a discrepância quando se pergunta sobre a descrição formal do conceito.

Analisando a figura 31 (b), é perceptível em toda análise de dados que os alunos da turma A tiveram uma melhora significativa em relação à primeira aplicação do questionário 2, onde podemos ver que a porcentagem de acerto em todas as questões é acima de 50%.

Analisando as respostas da turma A na reaplicação desse questionário e comparando com o os resultados anteriores, na figura 31 (a) e (b) podemos perceber que na 1ª pergunta, anteriormente, 50% dos alunos responderam de forma correta, onde, agora, na reaplicação houve uma aumento de 10% na resposta correta, passando a ter um total de 60% de acertos. Não apenas isso, também houve um aumento das respostas parcialmente corretas, que passou de 20% para 30%. Na 2ª pergunta, o aumento percentual nas respostas corretas foi de 15%, e em relação às respostas parcialmente corretas, a turma A continuou com o percentual de 30%.

A questão onde os alunos possuíam um desempenho mais baixo na primeira aplicação foi a 3ª pergunta, que anteriormente contabilizaram apenas 15% de acerto. Na reaplicação, foi a questão onde eles tiveram o maior aumento percentual de acertos, indo para 55% das respostas corretas, e 15% das parcialmente corretas, o que nos faz perceber que após a utilização do produto educacional houve uma melhora no desempenho da turma A.

Por essa questão tratar-se de uma pergunta diretamente relacionada à proposta da prática experimental, torna-se apropriado utilizá-la como parâmetro principal de comparação.

Para uma melhor percepção da evolução do desempenho das turmas, calculamos o coeficiente de contribuição do experimento (CCE), que trata-se da razão do percentual de acerto do questionário pós-prática experimental pelo percentual de acerto do questionário pré-prática experimental (Equação 1).

$$CCE = \frac{\text{percentual de acerto do questionário pós-prática experimental}}{\text{percentual de acerto do questionário pré-prática experimental}} \quad (\text{Equação 1})$$

Os coeficientes para as questões da turma A foram: 1,200, 1,375 e 3,666, para a 1ª, 2ª e 3ª questão, respectivamente.

A turma B apresentou um resultado similar à turma A, como podemos ver na figura 32(a), o que já era esperado.

A turma teve um total de 44,4% de respostas totalmente corretas na primeira questão, e um certo aluno respondeu da seguinte forma:

- Se variar o ângulo de incidência, também será variado o ângulo de reflexão, pois $Q_i = Q_r$.

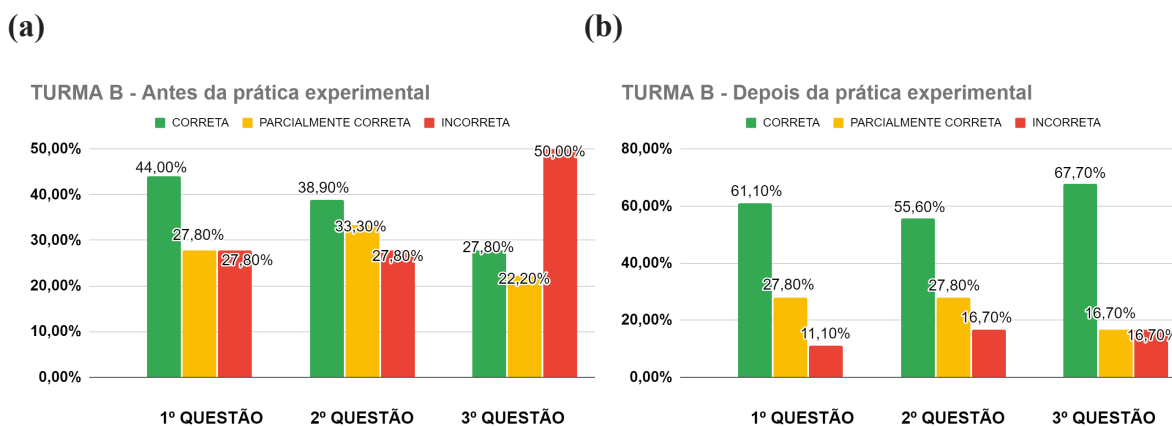
Já na segunda pergunta, o desempenho não foi bom, onde boa parte dos alunos responderam que não sabia o que iria acontecer. Dos que responderam corretamente, um aluno respondeu com as seguintes palavras:

- O ângulo com a reta normal será zero.

Terceira e última pergunta, 50% dos alunos não souberam responder corretamente o que se pediu, alguns descreveram a 1ª lei da reflexão ao invés de descrever a 2ª, e outros descreveram o fenômeno de reflexão de modo geral, como podemos observar a seguir:

- Reflexão da luz é um fenômeno óptico em que uma onda eletromagnética visível incide em um determinado meio, retornando ao meio original no qual ela se propagava.

Figura 32 - Porcentagem de acertos do questionário 2 aplicado na turma B (a) Dados da aplicação antes da prática experimental (b) construída com dados da aplicação após a prática experimental.



FONTE: Autora, 2022.

A turma B seguiu a mesma estrutura de aplicação do experimento e também obtiveram bons resultados na reaplicação do questionário 2, como podemos ver na figura 32 (b).

Comparando com as porcentagens de acertos na primeira aplicação do questionário, a turma B conseguiu sair de 44,4% de respostas corretas na 1ª questão para 61,1%. Na 2ª pergunta os alunos também tiveram uma melhora significativa em relação a primeira aplicação (38,9%).

Analisando a 3ª pergunta, anteriormente, dos alunos participantes da turma B, apenas 27,8% responderam de forma correta, e na reaplicação, houve um aumento percentual significativo de 39,9%. Assim fica evidenciado que nessa turma, assim como na turma A, a prática experimental de forma expositiva, auxiliou na evolução no desempenho dos alunos, melhorando assim o entendimento sobre a Óptica Geométrica e seus fenômenos.

Para melhor visualização da evolução do desempenho dos alunos, veja a figura 32, logo, fica claro a melhora significativa do desempenho. Calculamos também o coeficiente de contribuição do experimento para a turma B, utilizando a equação 1. Os valores obtidos foram: 1ª questão: 1,388; 2ª questão: 1,429; 3ª questão: 2,435.

Analisando o desempenho das turmas A e B, percebemos que ambas tiveram um aumento significativo no desempenho (ver figuras 31, 32), o que podemos considerar que a prática experimental realizada agregou no processo de ensino aprendizagem.

Observamos na turma C que o resultado antes da prática experimental é melhor que o resultado das outras duas turmas (ver figura 33a). Este cenário corrobora o relato do professor aplicador, que descreve a turma como mais atenciosa e aplicada.

Dentre as respostas corretas da primeira questão, a citada abaixo ganha um destaque:

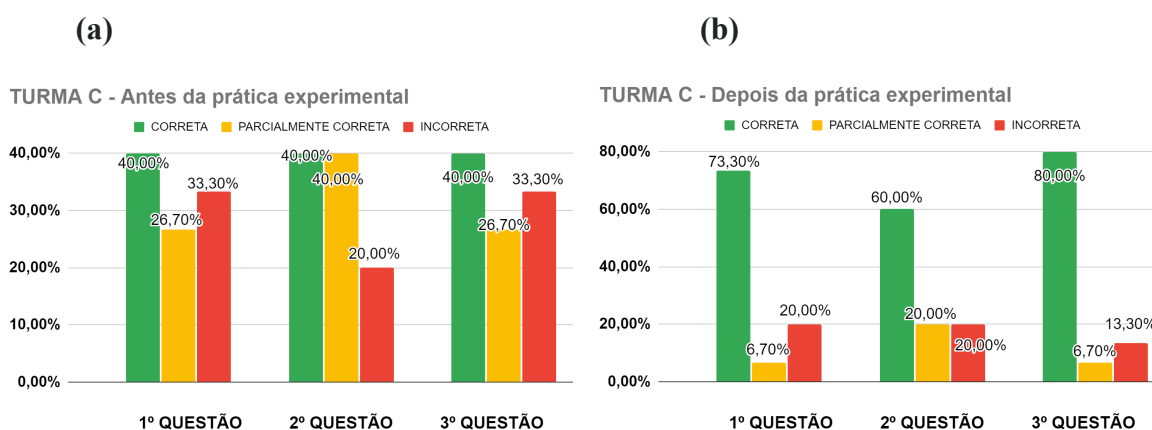
- O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, assim se um varia o outro também muda ficando iguais.

Para a segunda pergunta, as respostas corretas seguiram este padrão:

- Acredito que ele faça um ângulo de 0°.

Na terceira e última pergunta, os 40% dos alunos responderam corretamente, e 33,3% responderam de forma incorreta a definição da 2ª lei da reflexão.

Figura 33 - Porcentagem de acertos questionário 2 aplicado na turma C (a) Dados da aplicação antes da prática experimental (b) construída com dados da aplicação após a prática experimental.



FONTE: Autora, 2022.

A turma C, como já citado, passou por um processo de aplicação do experimento diferente comparado às turmas anteriores. Devido ao fato de cada aluno poder interagir com a interface gráfica, e observar mais de perto o que estava acontecendo com o raio refletido dado o ângulo, era esperado resultados ótimos resultados. Em todas as perguntas os alunos tiveram um desempenho excelente, onde as porcentagens de acertos foram acima de 60%. Um ótimo desempenho comparado ao aplicado anteriormente. O gráfico com as porcentagens de acerto de cada questão, está representado na figura 33b.

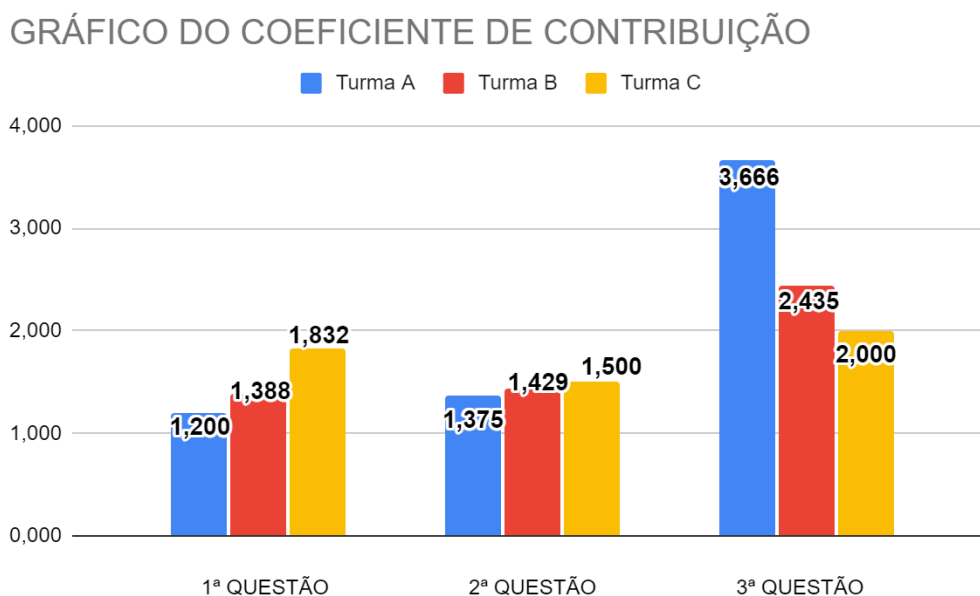
Para uma melhor visualização da evolução da turma C, calculamos também o coeficiente de contribuição do experimento, e os resultados foram: 1,832 para a 1ª questão, 1,500 para a 2ª questão e 2,00 para a 3ª questão.

Em uma análise complementar, comparamos o aumento de desempenho das turmas. Mostramos esta análise graficamente na figura 34, onde utilizamos os dados do coeficiente de contribuição do experimento (CCE). Observamos que todas as turmas apresentaram um $CCE > 1$ em todas as questões. Os resultados indicam uma melhor contribuição no conteúdo da terceira questão, que diz respeito ao conceito da 2ª lei da reflexão. Este resultado está intimamente relacionado com o baixo desempenho dos alunos antes do experimento. Avaliamos este cenário considerando que as duas primeiras questões permitem que o aluno manifeste seu conhecimento a partir de experiências cotidianas, de lembranças de informações, sem desprezar a intuição. Por outro lado, a terceira questão trata um conceito formal de uma lei física. O experimento envolve a verificação experimental desta lei. Assim, nossos resultados sugerem que as informações como leis e princípios tendem a ser melhor compreendidas com a prática experimental específica do conceito. Tendo em mente a diferença de abordagens experimentais entre as turmas A, B e C, apresentamos que nossos resultados não são conclusivos sobre qual melhor método de interação do aluno com o experimento

Com a reaplicação do questionário 2 após o contato com o protótipo experimental, o observado foi que o desempenho melhorou significativamente nas três turmas. Na turma A e B, onde a aplicação ocorreu de forma expositiva, os alunos obtiveram uma melhora significativa no desempenho, validando a prática experimental nessa estrutura. Já com os alunos da turma C, os únicos a interagir diretamente com o experimento, foi observado também um aumento do desempenho.

Para percebermos melhor e compararmos o aumento do desempenho nas turmas, a figura 34 nos mostra graficamente, a partir dos dados calculado de coeficiente de contribuição do experimento como cada turma evoluiu.

Figura 34 - Gráfico de comparação do coeficiente de contribuição do experimento



FONTE: Autora, 2023.

Com o gráfico da figura 34 podemos perceber que, tratando-se das questões 1 e 2 a turma C teve um desempenho melhor que as demais, mas na 3ª questão o destaque foi da turma A. Logo, podemos concluir que, independente da forma que a prática experimental for aplicada, os resultados serão satisfatórios.

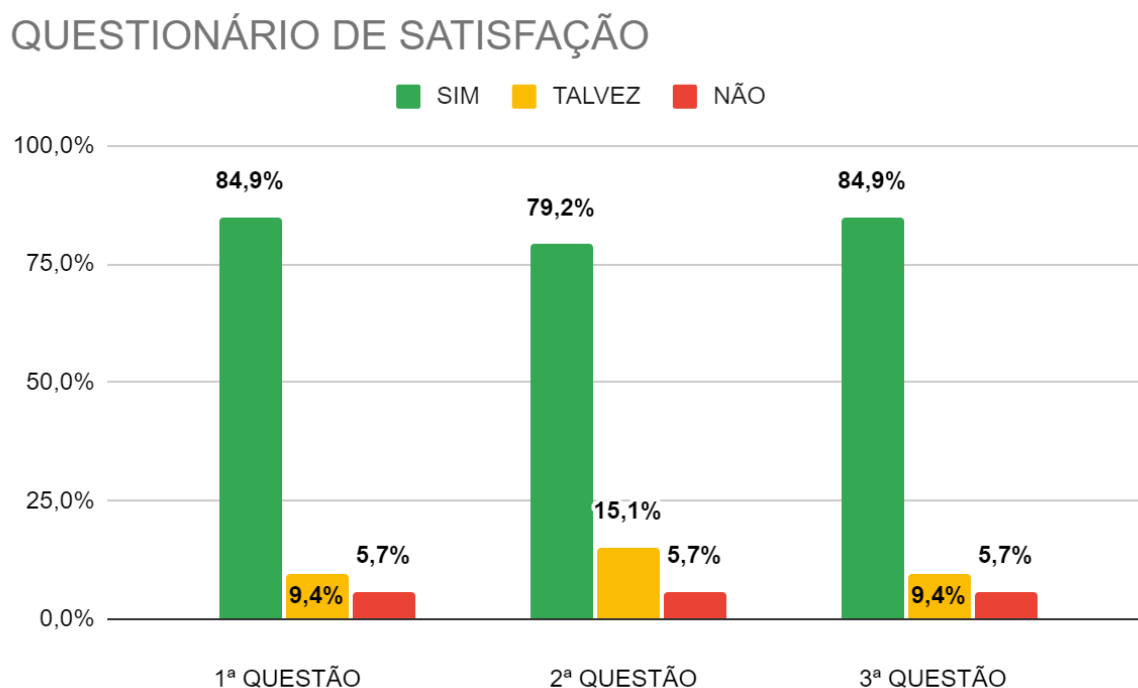
6.2.1. Questionário 03 - Avaliação de satisfação

Neste questionário, podemos avaliar qualitativamente a presença do produto educacional no processo de ensino e aprendizagem. Entrevistamos os 53 alunos por meio de um questionário online (Apêndice D), com as seguintes perguntas:

1. A sequência didática apresentada pelo professor pesquisador ajudou na compreensão do conteúdo de reflexão da luz?
2. A organização do material autoral facilitou seu aprendizado?
3. Durante o processo você se sentiu motivado a estudar o conteúdo?
4. Qual das alternativas a seguir melhor expressa a sua sensação sobre a relação entre esta metodologia e o processo de ensino/aprendizagem?

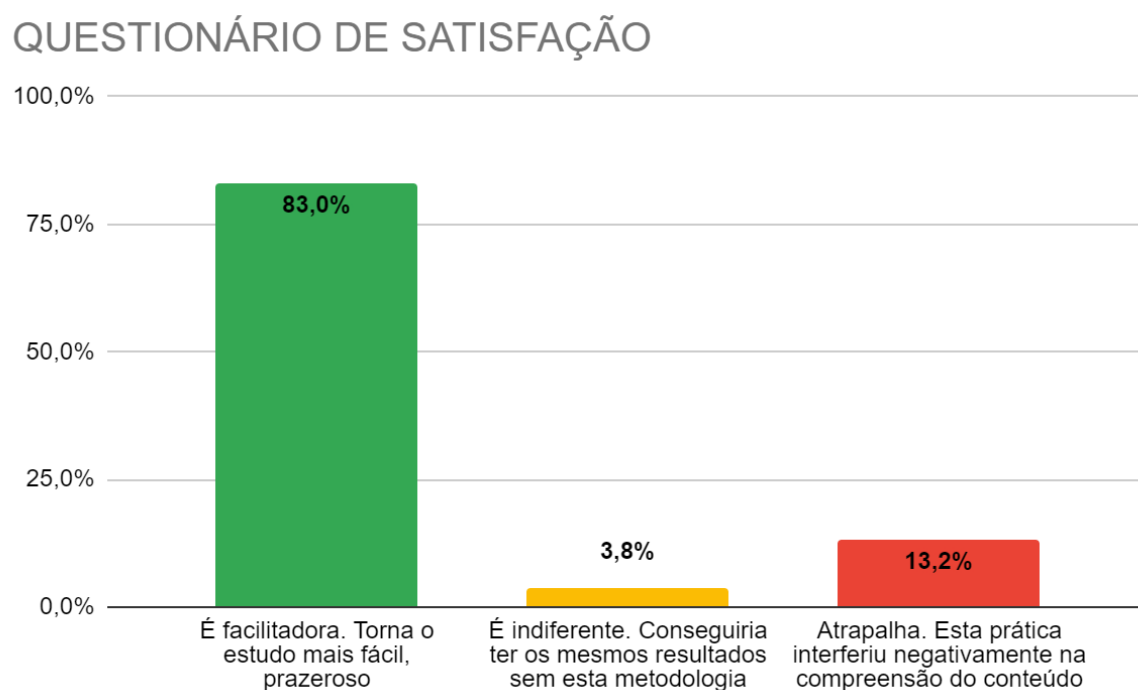
Respondido por todos os alunos participantes, obtivemos os seguintes resultados (ver figura 35 e figura 36).

Figura 35 - Percentual de respostas do questionário de satisfação: Respostas das 3 primeiras questões.



FONTE: Autora, 2022.

Figura 36 - Percentual de respostas do questionário de satisfação: Respostas da 4ª questão.



FONTE: Autora, 2022.

Podemos observar que a maioria dos alunos participantes avaliaram positivamente a prática experimental vivenciada, onde 84,9% dos alunos afirmaram que a sequência didática apresentada ajudou na compreensão do conteúdo de reflexão da luz. Sobre o material autoral, 79,2% disseram que sim, o material facilitou o aprendizado, e 84,9% dos alunos sentiram-se motivados a estudar o conteúdo, graças à prática experimental que foi aplicada às turmas.

Validando o produto educacional em vista das respostas apresentadas, para 83,0% dos alunos, o produto educacional levado para a sala de aula foi considerado uma metodologia facilitadora e motivadora, onde torna o ensino mais prazeroso para com o aluno. Com as respostas do questionário de satisfação (figura 35, 36), ressaltamos que práticas experimentais aplicadas remotamente são uma alternativa acessível para professores e alunos, tornando a aula menos monótona e tradicional, suprimindo também a necessidade que algumas escolas têm de laboratórios de ciências e levando os alunos a terem uma aprendizagem significativa.

Avaliando os resultados supracitados tendo em mente a teoria de aprendizagem significativa, que trata sobre o material a ser aprendido deve ser incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e/ou literal, assim como sobre a disposição do aprendiz em relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo conhecimento à sua estrutura cognitiva, consideramos que nosso protótipo experimental, juntamente com a abordagem prática educacional proposta, são potencialmente significativos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é novidade que o ensino de física vem se modificando ao longo dos anos, sendo necessário incluir em suas aulas novos métodos de ensino. Em virtude disso, professores passaram a procurar novas formas de incrementar suas aulas, sejam por meios de jogos, textos, simulações ou experimentos, objetos de aprendizagem, de modo geral. Dos objetos de aprendizagem conhecidos e utilizados pelos docentes no Ensino de Física, as práticas experimentais são as mais frequentes e com maior potencial de estimular os alunos.

Dentro do que passamos nos últimos anos, a pandemia fez com que o ensino remoto passasse a ser utilizado em grande escala, pois as aulas passaram a ser de forma *online*, deixando de lado o uso de algumas metodologias de ensino por, anteriormente, serem feitas de forma presencial. Foi pensando nessas situações que o produto educacional proposto foi criado, para que os alunos não perdessem a oportunidade de ter acesso a um experimento e que o professor pudesse adicionar a sua aula um método de ensino facilitador e motivador.

O produto educacional aplicado trata-se de uma prática experimental para o ensino de Física a distância, mais especificamente, o ensino da Reflexão da Luz. Uma estrutura física foi construída e associada a uma placa de arduino, permitindo o controle de toda estrutura por meio de códigos de programação e de uma interface gráfica criada no *Elipse Scada*, e o acesso remoto foi feito por um software chamado *TeamViewer*.

A Sequência didática de aplicação iniciava com a aplicação do questionário 1, onde identificamos as dificuldades dos alunos e seus subsunçores. O questionário 2 foi aplicado antes e após o contato com a prática experimental a fim de uma análise quantitativa, e o questionário 3 teve por objetivo coletar opinião dos alunos participantes sobre a experiência de uma prática experimental remota. Todos os questionários foram respondidos de forma *online* pelos alunos participantes.

A aplicação da prática experimental ocorreu de forma expositiva para as turmas A e B, onde o professor seguiu as instruções do guia prático e os alunos observaram o fenômeno óptico fazendo suas devidas anotações. Na turma C, os alunos participaram mais ativamente onde, individualmente, cada aluno manipulou a interface gráfica seguindo o guia prático e tirou suas próprias conclusões sobre o fenômeno observado.

Com os resultados coletados do questionário 2 após a prática experimental, calculamos o coeficiente de contribuição do experimento (CCE) e obtivemos valores sempre maiores que 1 em todas as questões, mas em relação à terceira questão onde pedimos para definir a 2ª Lei da Reflexão, lei física observada na prática experimental, o CCE foi ainda melhor.

No questionário de satisfação, as respostas nos levaram a reforçar que o uso de experimentos remotos são uma alternativa de ensino acessível, que torna a aula mais dinâmica, suprimindo também a ausência de laboratórios de ciências e equipamentos específicos, fazendo com que o aluno tenha uma aprendizagem significativa. Este questionário validou o produto educacional levado para a sala de aula e o considerou uma metodologia facilitadora e motivadora.

Em vista dos resultados obtidos, ficou claro que esse produto educacional tem um grande potencial de agregar e melhorar o processo de ensino-aprendizagem de Física. No processo de aplicação, era evidente a empolgação e o envolvimento dos alunos. O novo e o inovador costumam chamar muita atenção, e quando se trata de algo tecnológico, os alunos passam a ter um interesse ainda maior. Levando em consideração tudo que foi mostrado, os resultados sugerem que o produto educacional descrito nesta dissertação, é um objeto de aprendizagem com potencial significativo e pode ser aplicado tanto de forma expositiva como também com a manipulação individual de cada aluno.

Consequentemente, podemos ver que experimentos remotos são ferramentas que auxiliam no processo de ensino-aprendizagem. Um dos fatos que nos levam a perceber tamanha vantagem na utilização de experimentos controlados remotamente é o de que a escola não precisa ter laboratórios de ciências nem protótipos experimentais. Outro ponto é o custo benefício. As práticas experimentais de física à distância, traz facilidade ao acesso para professores e alunos a experimentos que anteriormente não poderiam ser aplicados em sala de aula, deixando as aulas mais tecnológicas, dinâmicas e menos tradicionais, motivando o aluno cada vez mais.

Pensando nisso, como perspectiva futura, é grande a nossa vontade de criar outros protótipos experimentais controlados remotamente. Seguindo a mesma linha de estudo da Óptica Geométrica, nosso desejo é futuramente criar um experimento para a observação do fenômeno de Refração da Luz.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANDRADE, Tiago Yamazaki Izumida; COSTA, Michelle Budke. O Laboratório de Ciências e a Realidade dos Docentes das Escolas Estaduais de São Carlos-SP. *Química Nova na Escola*, v. 38, p. 208–214, 2016. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_3/04-EA-06-15.pdf. Acesso em: 17 mar, 2022. 6
- ARAGÃO, R. M. R. Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel: Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais. 1976. 109f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas.
- AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- AUSUBEL, David P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Portugal: Paralelo Editora, 2003.
- AZEHEB. Azeheb laboratórios educacionais. Disponível em: <<https://azeheb.com.br/conjunto-de-otica-compacto.html>>. Acesso em: 05 jan 2023.
- BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polônia Altoé; BLINI, Ricardo Brugnolle. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.
- BARROS, T. R.; DIAS, W. S. Práticas experimentais de Física a distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduino para realização do Experimento de Millikan remotamente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, 2019.
- BLOG ELETROGATE. Tipos de Placas Arduino: Conheça as Principais. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/tipos-de-placas-arduino/>>. Acesso em 22 set 2022.
- BRASIL, Ministério da Educação (MEC), SEED. In: NASCIMENTO, A.; MORGADO, E. Um projeto de colaboração internacional na América Latina, 2003.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo da Educação Básica 2019: Resumo Técnico. Brasília, 2020.
- BRUNER, J. S. Uma Nova Teoria de Aprendizagem. 2ª ed. Rio de Janeiro. Bloch. 1973.
- CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. *Química Nova*, São Paulo, v.2, n.23, 2000.
- CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M. S. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na educação a distância. *Educar em Revista*, Curitiba, Brasil, Edição Especial n. 4/2014, p. 235-260. Editora UFPR
- CARRARO, Francisco Luiz; PEREIRA, Ricardo Francisco. Simuladores Virtuais do PhET no Ensino de Física. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE: Produção Didático-Pedagógica, 2014. Curitiba: SEED/PR., 2016 V.2 (Cadernos PDE).
- CHAVIER, Luís Fernando. Programação para Arduino - Primeiros Passos. Conceitos iniciais de programação para Arduino. Disponível em: <<https://www.circuitar.com.br/tutoriais/programacao-para-arduino-primeiros-passos/index.html>>. Acesso em: 25 ago 2022.

COELHO, Ítalo. O que é motor de passo? Entenda seu funcionamento e aplicações.

Disponível

em:<<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-motor-de-passo-entenda-seu-funcionamento-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 20 abr 2022.

ELIPSE SOFTWARE. Elipse SCADA. Disponível em:<<https://www.elipse.com.br/>>. Acesso em: 15 mar 2022.

Espectro Eletromagnético. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 14 mar. 2023

FIGUEIRA, JALVES S. Easy Java simulations: modelagem computacional para o ensino de Física. Produtos e Materiais Didáticos • Rev. Bras. Ensino Fis. 27 (4) • Dez 2005 • <https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000400017>

FILIPEFLOP. FilipeFlop Componentes Eletrônicos. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/>>. Acesso em: 17 mar, 2022.

GARDNER, Howard. Inteligências múltiplas, a teoria na prática. Porto Alegre: 2000.

GONÇALVES, Joerbed dos Santos. O uso do Modellus aplicado ao ensino de Física: Uma proposta didática para o ensino de oscilações harmônicas. Universidade do Maranhão. 2018.

GUEDES, L. D. D. S. Experimentos com materiais alternativos: Sugestão para dinamizar a aprendizagem de eletromagnetismo. Universidade Federal de Goiás. Catalão - GO, p. 82. 2017.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 26 - 28, p. 462-516.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Ma de Fátima Oliveira.; FILHO, Kepler Souza Oliveira. Uso de Simuladores, Imagens e Animações como Ferramentas Auxiliares no Ensino/Aprendizagem de Óptica. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v. 29, n.2, p. 267-273, (2007).

JAVA. Java oracle, 2022. Disponível em: <https://www.java.com/pt-BR/download/help/whatis_java.html>. Acesso em: 17 mar, 2022.

JEWETT JR., J. W., SERWAY, R. A. Física para cientistas e engenheiros. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. Cap. 1 e 2, p. 2-73.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. d.; BARROS, M. A. Laboratório caseiro – pára – raios: Um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1, p. 168–182, abr 2008.

MALACARNE, Vilmar; STRIEDER, Dulce Maria. - O Desvelar da Ciência nos anos Iniciais do Ensino Fundamental: Um olhar pelo viés da experimentação -. Vivências. Vol.5, N.7: p.75-85, mai. 2009.

MCROBERTS, M. Arduino básico. Tradução Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec, 2011.

MODELLUS. Modellus, 2022. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellusI_introducao.htm>. Acesso em: 17 mar, 2022.

MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa. Educatio Physicorum, v. 9, Junho 2015. ISSN 2.

MOREIRA, M. A. Teorias cognitivas da aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M.A. e Buchweitz, B. (1993). Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

MOTA, Maria Danielle Araújo. Laboratórios de Ciências/Biologia nas Escolas Públicas do Estado do Ceará (1997-2017): realizações e desafios. 2019. 196f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

PIAGET, Jean. Epistemologia Genética. Petrópolis: Vozes, 1970.

ROCHA, J. F. M. et al. Origens e evolução das ideias da física. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2015. Cap. 3, p. 212-246.

REIS, Elival Martins., SILVA, Otto H M. Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física. Cadernos Intersaberes, vol. 1, n.2, p.38-56, 2013.

SANTANA, Salete de Lourdes Cardoso, et al. O ensino de ciências e os laboratórios escolares no Ensino Fundamental. Vittalle: Revista de Ciências da Saúde, v. 31, n. 1. 2019. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vittalle/article/view/8310>. Acesso em: 17 mar, 2022.

SANTOS, Diogo Tiago dos. Experimento de queda livre construído com arduino e operado através de uma interface SCADA. Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2021.

SANTOS, Elio Molisani Ferreira. Arduino : uma ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no ensino médio. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2014.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE ALAGOAS. Matrizes Curriculares 2017. Disponível

em:<http://www.educacao.al.gov.br/images/referencial_curricular/MATRIZ_CURRICULAR.pdf> 17 mar 2022.

TEAMVIEWER. Teamviewer. Disponível em:<<https://www.teamviewer.com/pt-br/>>. Acesso em: 17 mar 2022.

THONSEM, Adilson. Controlando um Motor de Passo 5v com Arduino. Disponível em:<<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-um-motor-de-passo-5v-com-arduino/>>. Acesso em: 20 abr 2022.

TINKERCAD. Autodesk Tinkercad, 2011. Disponível em:<<https://www.tinkercad.com/>>. Acesso em: 17 mar, 2022.

TISSANDER, G. La physuqye sans appareills. Paris, 1893

VALADARES, Eduardo de C.. Física Mais que Divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. 3ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

WOLFRAM MATHEMATICA. Wolfram, 2022. Disponível em :<<https://www.wolfram.com/mathematica/?source=nav>>. Acesso em: 17 mar, 2022.

YENKA. Yenka, 2022. Disponível em :<<https://yenka.com/>>. Acesso em: 17 mar, 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Fui convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa: PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA A DISTÂNCIA: DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO COM ARDUÍNO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE REFLEXÃO DA LUZ, sob a responsabilidade da pesquisadora Stephanny Meiryssa dos Santos Alves Ramos e sob orientação do Professor Doutor Wandearley da Silva Dias.

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a Óptica Geométrica;
- b) Aplicar uma atividade experimental integrada a computacional utilizando-se dos conhecimentos prévios dos alunos;
- c) Descrever os indícios de aprendizagem significativa que surgiram no desenvolvimento das atividades;
- d) Avaliar os aspectos motivacionais dos alunos quanto ao ensino de Física;
- e) Reconhecer quais implicações pedagógicas surgiram para o ensino de Óptica geométrica após a realização dessa proposta integradora.

Estou ciente de que a partir do conhecimento das simulações e atividades experimentais.

Serei informado (a) dos resultados da pesquisa caso desejar e os mesmos permanecerão confidenciais. Meu nome, bem como os dados obtidos que indiquem a sua participação não serão divulgados sem minha permissão.

A participação no estudo não acarretará custos para mim e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

Declaro que estou ciente dos objetivos e estratégias da pesquisa, e que concordo voluntariamente em participar desta pesquisa.

*Obrigatório

1. ESTOU CIENTE *

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM Pular para a pergunta 2

☐ NÃO

2. Série e Turma *

3. Descreva com suas palavras o que você entende da Óptica Geométrica. Caso *
conheça algum fenômeno relacionado ao tema, cite-o.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO 2

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Fui convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa: PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA A DISTÂNCIA: DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO COM ARDUÍNO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE REFLEXÃO DA LUZ, sob a responsabilidade da pesquisadora Stephanny Meiryssa dos Santos Alves Ramos e sob orientação do Professor Doutor Wandearley da Silva Dias.

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a Óptica Geométrica;
- b) Aplicar uma atividade experimental integrada a computacional utilizando-se dos conhecimentos prévios dos alunos;
- c) Descrever os indícios de aprendizagem significativa que surgiram no desenvolvimento das atividades;
- d) Avaliar os aspectos motivacionais dos alunos quanto ao ensino de Física;
- e) Reconhecer quais implicações pedagógicas surgiram para o ensino de Óptica geométrica após a realização dessa proposta integradora.

Estou ciente de que a partir do conhecimento das simulações e atividades experimentais.

Serei informado (a) dos resultados da pesquisa caso desejar e os mesmos permanecerão confidenciais. Meu nome, bem como os dados obtidos que indiquem a sua participação não serão divulgados sem minha permissão.

A participação no estudo não acarretará custos para mim e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

Declaro que estou ciente dos objetivos e estratégias da pesquisa, e que concordo voluntariamente em participar desta pesquisa.

***Obrigatório**

1. ESTOU CIENTE *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ SIM *Pular para a pergunta 2*
- ☐ NÃO

Avaliação de aprendizagem

2. Série e Turma *

3. O QUE ACONTECE COM A MEDIDA DO ÂNGULO DE REFLEXÃO, QUANDO SE VARIA O ÂNGULO DE INCIDÊNCIA?

4. SE O RAO DE LUZ INCIDENTE ESTIVER SOBRE A RETA NORMAL QUAL SERÁ O ÂNGULO DE REFLEXÃO?

5. COM BASE NO OBSERVADO, COMO VOCÊ DEFINIRIA A 2ª LEI DA REFLEXÃO?

APÊNDICE C - GUIA PRÁTICO

GUIA PRÁTICO

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Nesse guia você aprenderá a utilizar a interface gráfica do experimento Reflexão da Luz.



PÁGINA INICIAL

Assim que acessar a interface gráfica, você terá algumas opções:

- Reflexão da luz
- Autores
- Experimento
- Referencial

REFLEXÃO DA LUZ

Para auxiliar no entendimento de todo o procedimento experimental, existe essa opção, onde você irá ter contato com as leis da reflexão.



EXPERIMENTO

Nessa aba, você iniciará o procedimento experimental.

Primeiramente você irá selecionar o **botão 0°** para calibrar nosso laser na posição inicial;

Em seguida, deverá selecionar o botão do ângulo desejado

30° 45° 60°



É de extrema importância que, após avaliar o raio de luz refletido para o ângulo escolhido, você deverá voltar para o 0°.



Durante a observação dos raios incidentes e refletidos, recomendamos que sejam feitas anotações.

As mesmas irão ajudar na resolução dos questionários finais.

Para mais informações, envie um email para:
stephanny.alves@fis.ufal.br

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO 3

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Fui convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa: PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA A DISTÂNCIA: DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO COM ARDUÍNO PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE REFLEXÃO DA LUZ, sob a responsabilidade da pesquisadora Stephanny Meiryssa dos Santos Alves Ramos e sob orientação do Professor Doutor Wandearley da Silva Dias.

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a Óptica Geométrica;
- b) Aplicar uma atividade experimental integrada a computacional utilizando-se dos conhecimentos prévios dos alunos;
- c) Descrever os indícios de aprendizagem significativa que surgiram no desenvolvimento das atividades;
- d) Avaliar os aspectos motivacionais dos alunos quanto ao ensino de Física;
- e) Reconhecer quais implicações pedagógicas surgiram para o ensino de Óptica geométrica após a realização dessa proposta integradora.

Estou ciente de que a partir do conhecimento das simulações e atividades experimentais.

Serei informado (a) dos resultados da pesquisa caso desejar e os mesmos permanecerão confidenciais. Meu nome, bem como os dados obtidos que indiquem a sua participação não serão divulgados sem minha permissão.

A participação no estudo não acarretará custos para mim e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

Declaro que estou ciente dos objetivos e estratégias da pesquisa, e que concordo voluntariamente em participar desta pesquisa.

***Obrigatório**

1. ESTOU CIENTE *

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM *Pular para a pergunta 2*

☐ NÃO

Avaliação de satisfação

2. A sequência didática apresentada pelo professor pesquisador ajudou na compreensão do conteúdo de reflexão da luz? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

3. A organização do material autoral facilitou seu aprendizado? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

4. Durante o processo você se sentiu motivado a estudar o conteúdo? *

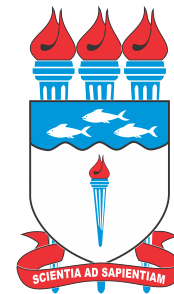
Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

5. Qual das alternativas a seguir melhor expressa a sua sensação sobre a relação entre esta metodologia e o processo de ensino/aprendizagem? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ É facilitadora. Torna o estudo mais fácil, prazeroso
☐ É indiferente. Conseguiria ter os mesmos resultados sem esta metodologia
☐ Atrapalha. Esta prática interferiu negativamente na compreensão do conteúdo



EXPERIMENTO DE REFLEXÃO DA LUZ CONTROLADO REMOTAMENTE

STEPHANNY MEIRYSSA DOS SANTOS ALVES RAMOS

MACEIÓ 2023

Orientador: Prof. Dr. Wandearley da Silva Dias
Coorientador: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física





Prezado (a) professor (a),

É com grande satisfação que apresentamos este produto educacional construído durante o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física no polo 36 (Universidade Federal de Alagoas) a fim da obtenção do título de Mestre.

O objetivo principal é dispor aos alunos do Ensino Médio, mais especificamente da 2ª série, uma prática experimental remota onde o estudante poderá observar o fenômeno óptico de reflexão da luz. O material apresentado contém um guia prático que possibilitará, a você professor, compreender a estrutura do protótipo e o manuseio da interface gráfica do experimento. Além disso, apresentamos duas propostas didáticas e junto a ela, um roteiro experimental.

Inicialmente, apresentamos o funcionamento do protótipo experimental e o guia prático de utilização do mesmo. Em seguida, será apresentada uma sequência didática para aplicação do experimento em sala de aula. Nela serão abordadas duas metodologias, a primeira onde o protótipo experimental será aplicado antes do conteúdo de óptica geométrica e a segunda, onde o protótipo é aplicado após a aula teórica.

A atividade prática experimental proposta neste produto educacional permite ser realizada em qualquer ambiente da escola, inclusive na sala de aula. A seguir apresentamos a distribuição das etapas e suas caracterizações.

Desejamos a todos e todas sucesso em suas atividades experimentais e nos colocamos à disposição para sanar possíveis dúvidas que apareçam durante seu percurso.

Atenciosamente,

Prof. Stephanny Meiryssa dos Santos Alves Ramos
stephanny.alves@fis.ufal.br
Prof. Dr. Wandearley da Silva Dias
wandearley@fis.ufal.br





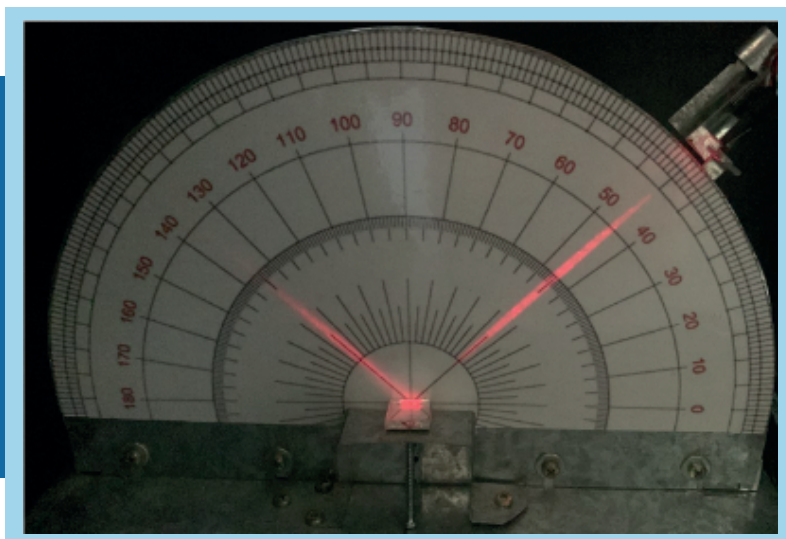
SUMÁRIO

FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO	4
1.1 INTERFACE GRÁFICA	6
1.2 COMUNICAÇÃO ENTRE PROTÓTIPO E USUÁRIO – CONEXÃO REMOTA	8
PROPOSTAS DE APLICAÇÃO	9
2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA 1	9
2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA 2	11
CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
APÊNDICE A	14
APÊNDICE B	16

FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO

O protótipo experimental utilizado foi projetado e construído artesanalmente, tendo em mente a observação experimental da lei de reflexão. Trata-se, em resumo, de um laser que emite um feixe em direção a um espelho plano, onde os ângulos de incidência e reflexão podem ser vistos com auxílio de um transferidor. Na figura 1 podemos ver a parte frontal do protótipo experimental. No momento da foto, o laser aponta para o espelho fazendo um ângulo de 45° .

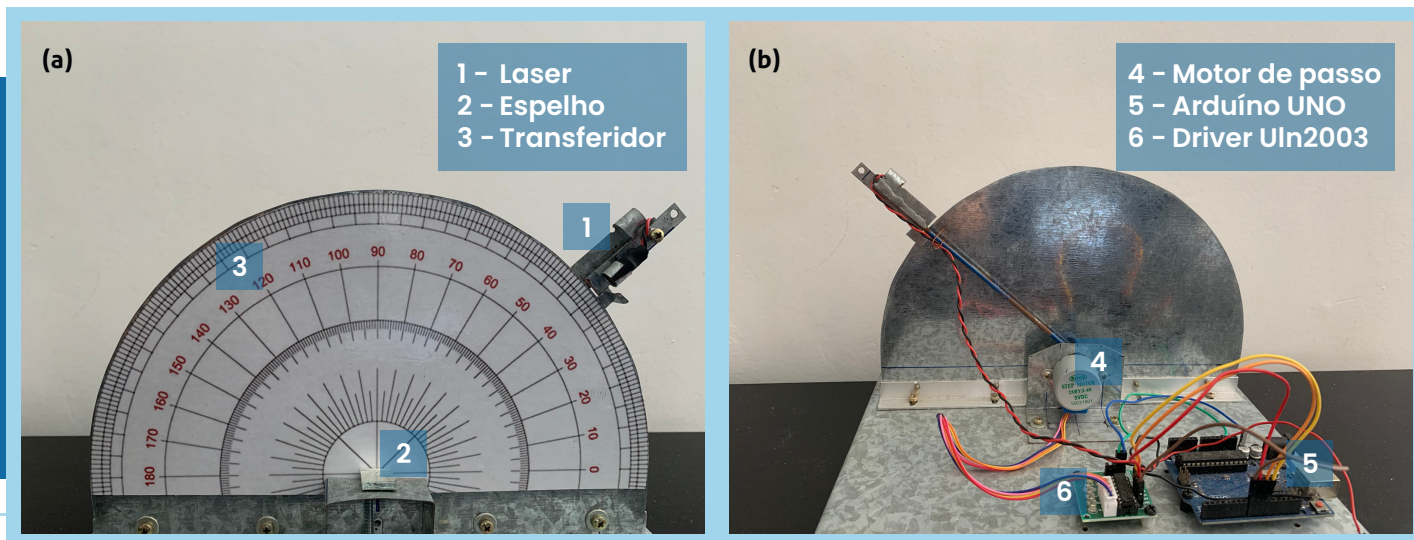
Figura 1 - Visão frontal do protótipo experimental com laser apontando para o espelho formando um ângulo de 45°



FONTE: Autora, 2022.

Para uma melhor visualização, nas figuras 2a e 2b apresentamos a estrutura física do protótipo experimental de maneira mais detalhada. Na figura 2a temos a vista frontal, onde vemos o laser (1), o espelho (2) no centro do transferidor (3). Na figura 2b temos uma melhor compreensão sobre o funcionamento do protótipo. O motor de passo (4) junto com o driver Uln2003 são responsáveis por promover o giro da haste que sustenta o laser. Este movimento é controlado pelo arduíno UNO (5).

Figura 2 - (a) Vista frontal do protótipo experimental
(b) Vista posterior do protótipo experimental



FONTE: Autora, 2022.

Dos equipamentos eletroeletrônicos utilizados, o Motor de Passo, juntamente com o Driver Uln2003 (Figura 3a), são dos mais importantes, pois permitem o controle preciso da posição do seu eixo, da velocidade e torque aplicados pelo motor. Cada motor possui um número específico de passos por revolução. Nos motores disponíveis comercialmente esse número geralmente varia de 3 a 72 passos. O motor que utilizamos no protótipo realiza 64 passos por revolução e possui uma caixa de redução de 64x que faz com que sejam necessários 4096 passos do motor para que uma volta do eixo seja completada. Dessa forma é possível movimentar o eixo precisamente $0,088^\circ$ ou $5' 16''$ de cada vez (COELHO, 2020). O Driver Uln2003 é comercializado junto com o Motor de Passo. Ele é utilizado como a maneira mais simples de fazer interface com um motor de passo unipolar com Arduino, pois nele contém um chip ULN2003A. Este circuito integrado contém sete transistores Darlington e é como se houvesse sete transistores TIP120 tudo em um pacote, suportando até 500 mA por canal e com uma queda de tensão interna de cerca de 1V quando ligado (THOMSEN, 2018). Outro equipamento utilizado é o Laser de Diodo (Ver figura 3b), que possui longo alcance e alta potência, gerando um feixe de luz em formato de ponto.

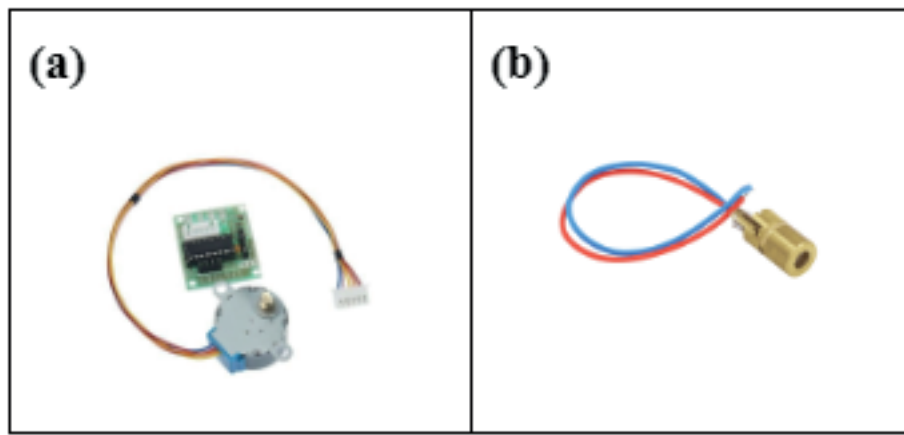


Figura 3 - Equipamentos eletroeletrônicos utilizados (a) Motor de Passo + Driver Uln2003 Arduino (b) Laser Diodo 5V

FONTE: Filipeflop, 2010.

O controle e o manuseio do protótipo experimental é mediado por uma interface gráfica, desenvolvida para o projeto. Vejamos a seguir.

1.1 Interface gráfica

A interface gráfica permite a interação por meio de elementos gráficos com os dispositivos digitais. Uma interface gráfica pode conter janelas, menus, ícones, links, botões, imagens, gráficos e até vídeos e transmissões de imagens em tempo real.

Existem alguns softwares que permitem a criação de interfaces gráficas. Nós escolhemos o software Elipse SCADA¹, bastante utilizado para o gerenciamento, em tempo real, de processos industriais, saneamento e infraestrutura, integrando todos estes sistemas em uma arquitetura única. Além de suas diversas formas de utilização, esse software tem algumas vantagens, como o fato de ser gratuito e ser adaptável a qualquer linguagem de programação. Ela permite fazer uma conexão com o arduíno através do protocolo MODBUS² (com biblioteca disponível).

Figura 4 - Tela inicial da interface gráfica



FONTE: Autora, 2022.

1 - Ferramenta voltada para o desenvolvimento de sistemas supervisórios e de controle de processo visando atender as mais diversas necessidades em virtude de disponibilizar vários recursos para o usuário. Permite ao usuário monitorar variáveis em tempo real através de elementos gráficos, bem como realizar acionamentos através de envio de informações aos dispositivos existentes.

2 - Protocolo de comunicação de dados utilizados em sistemas de automação industrial, é uma estrutura de mensagem aberta utilizada para comunicação entre dispositivos mestre-escravo/clienteservidor. É um dos protocolos mais utilizados na automação industrial, graças a sua simplicidade e facilidade de implementação, podendo ser utilizado em diversos padrões de meio físico.

Fazendo o uso do software citado, foi desenvolvida a interface gráfica para controle do protótipo experimental. Na figura 4 podemos ver a tela inicial da interface, onde o usuário pode acessar as abas de Fundamentação Teórica, Experimento, Autores e Referencial.

Quando o aluno acessa a aba de Fundamentação Teórica (Ver figura 5), ele passa a ver a definição das Leis da Reflexão. Nessa página, o aluno poderá tirar algumas dúvidas sobre a teoria a ser observada no experimento.



Figura 5 – Tela de fundamentação teórica

FONTE: Autora, 2022.

Ao selecionar o botão Experimento, o aluno inicia o procedimento experimental. Nesta tela, o aluno terá a opção de selecionar quatro diferentes ângulos: 0°, 30°, 45° e 60°. Podemos ver tais observações na figura 6, onde o ângulo de 60° está selecionado. Vemos claramente que o ângulo entre a reta normal à superfície do espelho e o raio de incidência é igual ao ângulo entre a reta normal e o raio refletido.

Figura 6 – Representação da tela do experimento com o laser apontando 60° com a superfície



FONTE: Autora, 2022.

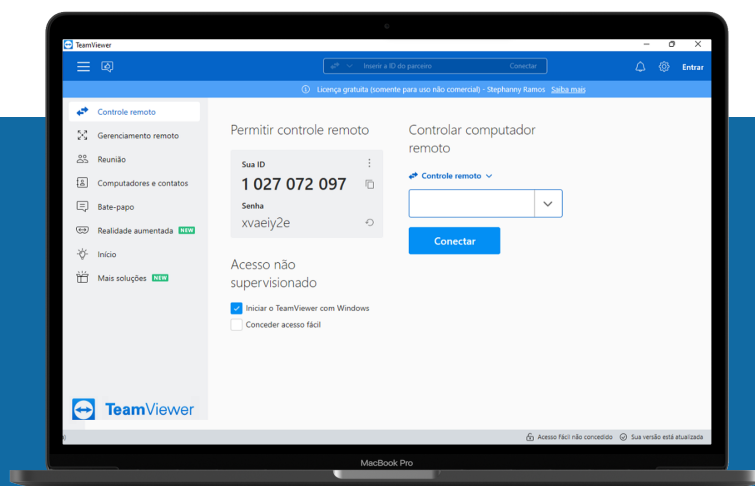
Salientamos que o usuário não controla o acionamento do laser, apenas o seu direcionamento, respeitando os ângulos pré definidos.

1.2 Comunicação entre Protótipo e Usuário – Conexão Remota

Para possibilitar o uso remoto do protótipo experimental, utilizamos o programa de acesso remoto Teamviewer. Esse programa pode ser instalado gratuitamente, seja no seu computador ou no seu Smartphone. O Teamviewer foi escolhido por ter um suporte para todos os dispositivos móveis, a mais ampla cobertura de dispositivos e plataformas, melhor usabilidade e performance. Além disso, ele é protegido por encriptação AES de 256 bits, autenticação em duas etapas, gerenciamento de acesso granular, autorização de dispositivos e outros recursos de segurança de nível industrial.

Disponibilizaremos ao professor um ID e senha do dispositivo de origem, para que o acesso seja liberado. Na figura 7 podemos ver a tela de acesso do Teamviewer. Feito isso, a tela de início da interface gráfica aparecerá (figura 4). Para melhor manuseio do protótipo experimental, veja a apêndice A, onde mostramos o guia prático de utilização.

Figura 7 – Tela de acesso do Teamviewer, onde o professor colocará o ID e senha disponibilizado.



FONTE: Autora, 2022.

PROPOSTAS DE APLICAÇÃO

2.1 Sequência didática 1

Nesta primeira proposta de aplicação, sugerimos que o protótipo experimental seja apresentado aos alunos antes do contato com o conteúdo de óptica geométrica, a fim de despertar neles um interesse no conteúdo a ser visto. Este formato permite que os alunos levem um conhecimento prévio para a aula teórica, onde terá um contato também com a parte matemática envolvida no conteúdo.

O professor deverá disponibilizar o roteiro experimental (apêndice B), pois ele indicará os passos a serem seguidos pelos discentes. Na tabela 1 podemos observar um plano de aula sugerido. Caso sinta necessidade, qualquer alteração na estrutura do plano de aula pode ser realizada.

Considerando a quantidade de aulas necessárias para realização da prática experimental e a quantidade de alunos por turma, é sugerido que o professor os separe em grupos. Trazendo para a realidade do nosso Estado (Alagoas), a carga horária anual de Física é 80 horas aula, sendo apenas 2 por semana, ou seja, seria necessário duas semanas para a realização de toda a sequência didática.

TABELA 1: Plano de aula 1 – Física – Fenômenos Ópticos: Reflexão da Luz

Plano de aula – Física – Fenômenos Ópticos: Reflexão da Luz
Escola:
Professor (a):
Turma:
Data:
Reflexão da Luz
Tema: Leis da reflexão
Público-alvo: Alunos da 2ª Série do Ensino Médio
Hora aulas necessárias: 4
Objetivo
Ao final dessas aulas, os alunos serão capazes de: • Compreender que a luz se propaga em linha reta; • Compreender o que é a Reflexão da Luz; • Descrever as leis da Reflexão da Luz.
Sobre a aula
Nessa aula serão abordados alguns conceitos sobre óptica geométrica por meio de uma prática experimental remota. O foco principal será o fenômeno da reflexão da luz e suas leis. 1º momento (2 aulas): Iniciar com a demonstração do guia prático (Apêndice A) sobre como utilizar a interface gráfica do protótipo experimental. Separar as turmas em grupos, escolher um grupo por vez para manusear o experimento e seguir o roteiro experimental proposto (Apêndice B). 2º momento (2 aulas): Apresentar o conteúdo de Óptica geométrica e seus fenômenos ópticos, com ênfase nas leis da reflexão da luz.
Estratégia Didática: Utilização da Prática experimental como o primeiro contato com o assunto abordado
Orientações
O professor deverá disponibilizar o roteiro experimental (apêndice B), pois ele indicará os passos a serem seguidos pelos discentes.

2.2 Sequência didática 2

Aconselhamos, nesta segunda proposta de aplicação, que o protótipo experimental seja apresentado aos alunos após contato com o conteúdo de óptica geométrica. Nessa metodologia o aluno participante já possui um conhecimento prévio do conteúdo, e a prática experimental terá o objetivo de contribuir no processo ensino-aprendizagem do conteúdo. Na tabela 2 podemos observar um plano de aula sugerido. Caso sinta necessidade, qualquer alteração na estrutura do plano de aula pode ser realizada.

TABELA 2: Plano de aula 2 – Física – Fenômenos Ópticos: Reflexão da Luz

Plano de aula – Física – Fenômenos Ópticos: Reflexão da Luz
Escola:
Professor (a):
Turma:
Data:
Reflexão da Luz
Tema: Leis da reflexão
Público-alvo: Alunos da 2ª Série do Ensino Médio
Hora aulas necessárias: 4
Objetivo
Ao final dessas aulas, os alunos serão capazes de: • Compreender que a luz se propaga em linha reta; • Compreender o que é a Reflexão da Luz; • Descrever as leis da Reflexão da Luz.
Sobre a aula
Nessa aula serão abordados alguns conceitos sobre óptica geométrica por meio de uma prática experimental remota. O foco principal será o fenômeno da reflexão da luz e suas leis. 1º momento (2 aulas): Apresentar o conteúdo de Óptica geométrica e seus fenômenos ópticos, com ênfase nas leis da reflexão da luz. 2º momento (2 aulas): Iniciar com a demonstração do guia prático (Apêndice A) sobre como utilizar a interface gráfica do protótipo experimental. Separar as turmas em grupos, e escolher um grupo por vez para manusear o experimento e seguir o roteiro experimental proposto (Apêndice B).
Estratégia Didática: Utilização da Prática experimental com o objetivo de contribuir no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de Reflexão da luz.
Orientações
O professor deverá disponibilizar o roteiro experimental (apêndice B), pois ele indicará os passos a serem seguidos pelos discentes.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional descrito neste trabalho foi construído durante o Mestrado Profissional do Ensino de física como fruto da dissertação “Práticas experimentais de Física a Distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduíno para a realização do experimento de Reflexão da Luz”. Aplicado com alunos da 2ª Série do ensino médio, a metodologia foi considerada facilitadora e motivadora. Esperamos que este produto possa contribuir para o desenvolvimento da sua prática educacional.

APÊNDICE A

GUIA PRÁTICO

Nesse guia você aprenderá a utilizar a interface gráfica do experimento Reflexão da Luz.



PÁGINA INICIAL

Assim que acessar a interface gráfica, você terá algumas opções:

- Reflexão da luz
- Autores
- Experimento
- Referencial

REFLEXÃO DA LUZ

Para auxiliar no entendimento de todo o procedimento experimental, existe essa opção, onde você irá ter contato com as leis da reflexão.



EXPERIMENTO

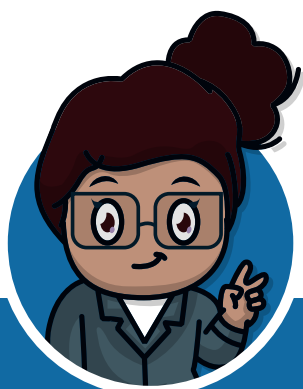
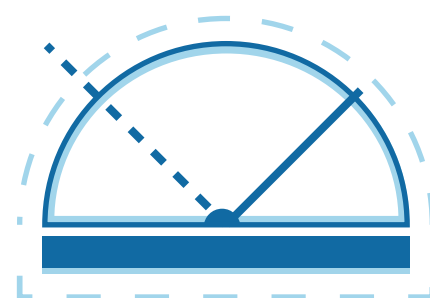
Nessa aba, você iniciará o procedimento experimental.

Primeiramente você irá selecionar o **botão 0°** para calibrar nosso laser na posição inicial;

Em seguida, deverá selecionar o botão do ângulo desejado

30° 45° 60°

É de extrema importância que, após avaliar o raio de luz refletido para o ângulo escolhido, você deverá voltar para o 0°.



Durante a observação dos raios incidentes e refletidos, recomendamos que sejam feitas anotações.

As mesmas irão ajudar na resolução dos questionários finais.

Para mais informações, envie um email para:
stephanny.alves@fis.ufal.br

APÊNDICE B

ROTEIRO EXPERIMENTAL

ROTEIRO EXPERIMENTAL

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Objetivos:

- Mostrar o fenômeno de reflexão da luz;
- Identificar qual é o ângulo formado pelo raio de luz refletido e a reta normal;
- Observar as leis estabelecidas pela reflexão da luz.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Acesse à aba **EXPERIMENTO** na página inicial da interface gráfica para iniciar o procedimento experimental.

Primeiramente selecione o **botão 0°** para calibrar nosso laser na posição inicial;

Em seguida, selecione o botão do ângulo desejado **30°** **45°** **60°** e preencha a tabela:

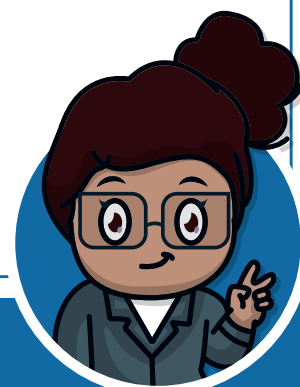
Ângulo de incidência (θ_i)	Ângulo de reflexão (θ_r)
30°	
45°	
60°	

Responda o questionário a seguir:

O que acontece com a medida do ângulo de reflexão quando se varia o ângulo de incidência?

Se o raio de luz incidente estiver sobre a reta normal, qual será o ângulo de reflexão?

Com base no observado, como você definiria a 2ª Lei da Reflexão?



Para mais informações, envie um email para:
stephanny.alves@fis.ufal.br