

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM FÍSICA  
CAMPUS MACAPÁ

LUANA LETÍCIA BRITO DE SOUZA

**MODELAGEM 3D DO OLHO HUMANO:** uma proposta de recurso didático para o ensino  
de óptica geométrica.

MACAPÁ-AP

2025

LUANA LETÍCIA BRITO DE SOUZA

**MODELAGEM 3D DO OLHO HUMANO:** uma proposta de recurso didático para o ensino de óptica geométrica.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, como requisito avaliativo para obtenção de título de licenciada em Física.

Orientador: Prof. Me. Cássio Renato da Glória Pereira dos Santos.

MACAPÁ-AP

2025

Biblioteca Institucional - IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S729m Souza, Luana Letícia Brito de  
Modelagem 3D do olho humano: uma proposta de recurso didático para o ensino de óptica geométrica. / Luana Letícia Brito de Souza - Macapá, 2025.  
83 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Licenciatura em Física, 2025.

Orientador: Cássio Renato da Glória Pereira dos Santos.


1. Óptica Geométrica. 2. Olho Humano. 3. Impressão 3D. I. Santos, Cássio Renato da Glória Pereira dos, orient. II. Título.

LUANA LETÍCIA BRITO DE SOUZA

**MODELAGEM 3D DO OLHO HUMANO:** uma proposta de recurso didático para o ensino de óptica geométrica.


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, como requisito avaliativo para obtenção de título de licenciada em Física.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **CASSIO RENATO DA GLORIA PEREIRA DOS SANTOS**  
Data: 31/03/2025 18:14:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Me. Cássio Renato da Glória Pereira dos Santos (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **ARGEMIRO MIDONES BASTOS**  
Data: 31/03/2025 17:15:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Argemiro Midonês Bastos

Documento assinado digitalmente  
 **NAYARA FRANÇA ALVES**  
Data: 31/03/2025 17:47:38-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dra. Nayara França Alves

Apresentado em: 18/03/2025.

Conceito/ Nota: 97

Aos meus pais que sempre acreditaram em mim, e me apoiaram ao longo dessa trajetória com paciência, incentivo e amor, permitindo realizar essa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Me. Cássio Renato da Glória Pereira dos Santos, pela orientação, dedicação, paciência e apoio para construção desse trabalho.

À minha família, principalmente aos meus pais pelo incentivo e apoio que me proporcionaram força e determinação para realizar essa conquista.

Ao meu namorado, Victor Sousa, por estar ao meu lado em cada etapa dessa caminhada, oferecendo apoio, compreensão e palavras de encorajamento nos momentos que mais precisei.

Aos meus amigos, que compartilharam essa trajetória comigo, tornando-a mais leve e memorável.

Aos professores do colegiado de Física do IFAP que, ao longo da minha formação contribuíram para o meu crescimento acadêmico e profissional. Cada ensinamento foi essencial, para que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

Este trabalho fundamenta-se nos princípios da Óptica Geométrica para explicar o fenômeno da visão e os defeitos refrativos, como a miopia e a hipermetropia, relacionando-os com a fisiologia do olho humano. O objetivo principal foi a produção de um de recurso didático em impressão 3D para o ensino da Óptica Geométrica. Nesse sentido, foi elaborada uma proposta de recurso didático que aborda as características da refração da luz, para explicar como ocorre a visão. Além disso, são destacadas as vantagens da tecnologia de impressão 3D no âmbito educacional. O presente trabalho explora a relação interdisciplinar entre Física e Biologia, utilizando o olho humano como objeto de estudo, e ressalta a importância de aulas interdisciplinares. A produção do recurso didático, que inclui o processo de modelagem e impressão das peças, foi realizada no laboratório IF Maker do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP), *Campus Macapá*. Para avaliar o referido recurso, aplicou-se um formulário aos professores de Física utilizando o Google Forms. A conclusão e a avaliação indicam que este recurso, pode ser útil e possui um grande potencial de aplicação no ensino da Óptica Geométrica em sala de aula.

Palavras-chave: olho humano; miopia; hipermetropia; interdisciplinaridade; óptica geométrica.

## **ABSTRACT**

This work is based on the principles of Geometric Optics to explain vision and refractive defects such as myopia and hyperopia, relating them to the physiology of the human eye. The main objective was to produce a 3D-printed teaching resource for teaching Geometric Optics. To this end, a proposal was drawn up for a teaching resource that addresses the characteristics of light refraction, in order to explain how vision occurs. It also highlights the advantages of 3D printing technology in the educational field. This work explores the interdisciplinary relationship between Physics and Biology, using the human eye as an object of study, and highlights the importance of interdisciplinary lessons. The production of the teaching resource, which includes the process of modeling and printing the parts, was carried out in the IF Maker laboratory at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amapá (IFAP), Macapá Campus. To evaluate this resource, a form was applied to physics teachers using Google Forms. The conclusion and evaluation indicate that this resource can be useful and has great potential for application in the teaching of Geometric Optics in the classroom.

Keywords: human eye; myopia; hyperopia; interdisciplinarity; geometric optics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Experimento do prisma de Isaac Newton.....	16
Figura 2 - Feixes de propagação da luz.....	18
Figura 3 - Meios de propagação da Luz.....	19
Figura 4 - Refração da luz.....	20
Figura 5 - Tipos de lentes.....	22
Figura 6 - Pontos geométricos de uma lente biconvexa.....	22
Figura 7 - Pontos geométricos de uma lente bicôncava.....	23
Figura 8- Método gráfico dos raios de luz para a formação de imagem em uma lente convergente biconvexa.....	24
Figura 9- Método gráfico dos raios de luz para a formação de imagem em uma lente divergente bicôncava.....	25
Figura 10 - Anatomia do olho humano.....	27
Figura 11 - Olho humano e o funcionamento da visão.....	29
Figura 12 - Olho míope e raios refratados.....	30
Figura 13 - Olho hipermetrópe e raios refratados.....	30
Figura 14 - Olho míope e correção com lente divergente.....	31
Figura 15 - Olho hipermetrópe e correção com lente convergente.....	32
Figura 16 - Imagem do kit óptico utilizado para a confecção do recurso didático.....	39
Figura 17 - Registro da medida da distância focal da lente.....	40
Figura 18 - Registro das medidas da lente.....	40
Figura 19 - Registro da medida do laser.....	41
Figura 20 - Registro do primeiro modelo de olho humano sem defeito 3D impresso.....	45
Figura 21 - Medidas da lente biconvexa.....	46
Figura 22 - Resultado da impressão do modelo 3D do olho humano sem defeito.....	47
Figura 23 - Registro do teste do modelo 3D do olho humano sem defeito.....	47
Figura 24 - Modelagem com as medidas do modelo definitivo do olho humano saudável.....	48
Figura 25 - Resultado da impressão do modelo 3D do olho humano míope.....	48
Figura 26 - Registro do teste de funcionamento modelo 3D do olho humano míope.....	49
Figura 27 - Modelagem com as medidas do modelo definitivo do olho humano míope.....	49
Figura 28 - Registro do modelo 3D do olho com hipermetropia impresso.....	50
Figura 29 - Registro do teste do funcionamento do modelo 3D do olho com hipermetropia...50	
Figura 30 - Modelagem com as medidas do modelo definitivo do olho hipermetrópe.....	51

Figura 31 - Registro dos suportes para os modelos 3D do olho humano impressos.....	51
Figura 32 - Modelagem dos suportes para os modelos de olho humano 3D.....	52
Figura 33 - Registro da primeira versão do suporte do laser.....	52
Figura 34 - Registro da segunda versão do suporte do laser.....	53
Figura 35 - Modelagem e medidas do suporte do laser.....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado geral da pergunta 2.....	62
Gráfico 2 - Resultado geral da pergunta 3.....	64
Gráfico 3 - Resultado geral da pergunta 4.....	65
Gráfico 4 - Resultado geral da pergunta 5.....	66
Gráfico 5 - Resultado geral da pergunta 6.....	68
Gráfico 6 - Resultado geral da pergunta 7.....	69
Gráfico 7 - Resultado geral da pergunta 12.....	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índice de refração para alguns materiais.....	20
Quadro 2 - Configurações utilizadas para impressão dos modelos dos suportes e do olho humano 3D.....	42
Quadro 3 - Configurações utilizadas para os modelos do suporte do laser.....	43
Quadro 4 - Medidas da lente para modelagem.....	46
Quadro 5 - Medidas do laser para modelagem.....	53
Quadro 6 - Tempo de impressão das peças confeccionadas.....	54
Quadro 7 - Custo financeiro para confecção do recurso didático.....	55
Quadro 8 - Seção 1 de perguntas para identificação dos professores avaliadores e as respostas dos professores de forma geral.....	55
Quadro 9 - Resultado individual da seção 1 do formulário aplicado.....	57
Quadro 10 - Respostas dos professores à pergunta 1 da seção 2.....	61
Quadro 11 - Pergunta 2 da seção 2.....	62
Quadro 12 - Resposta individual dos professores à pergunta 2.....	62
Quadro 13 - Pergunta 3 da seção 2.....	63
Quadro 14 - Resposta individual dos professores à pergunta 3.....	63
Quadro 15 - Pergunta 4 da seção 2.....	64
Quadro 16 - Resposta individual dos professores à pergunta 4.....	65
Quadro 17 - Pergunta 5 da seção 2.....	66
Quadro 18 - Resposta individual dos professores à pergunta 5.....	66
Quadro 19 - Pergunta 6 da seção 2.....	67
Quadro 20 - Resposta individual dos professores à pergunta 6.....	68
Quadro 21 - Pergunta 7 da seção 2.....	68
Quadro 22 - Resposta individual dos professores à pergunta 7.....	69
Quadro 23 - Pergunta 8 da seção 2.....	69
Quadro 24 - Respostas dos participantes para a pergunta 9 da seção 2.....	70
Quadro 25 - Resposta para a pergunta 10 da seção 2.....	71
Quadro 26 - Respostas para a pergunta 11 da seção 2.....	72
Quadro 27 - Pergunta 12 da seção 2.....	72
Quadro 28 - Resposta individual dos professores à pergunta 12.....	73
Quadro 29 - Pergunta 13 da seção 2.....	74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Luz e óptica: um breve histórico</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Conceitos básicos da óptica geométrica</b>	<b>17</b>
2.2.1	Refração da Luz	18
<b>2.3</b>	<b>Lentes e formação de imagens</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Óptica da visão e estrutura fisiológica do olho humano</b>	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>Formação de imagem no olho humano e os defeitos da visão</b>	<b>27</b>
2.5.1	Correção dos defeitos da visão	29
<b>2.6</b>	<b>Uso de tecnologia de impressão 3D para o ensino</b>	<b>31</b>
<b>2.7</b>	<b>A interdisciplinaridade para o ensino de Física</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Confecção do recurso didático proposto</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodologia para a avaliação do recurso didático proposto</b>	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Processo de confecção do recurso didático</b>	<b>46</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação do recurso didático proposto</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE 1 - MANUAL DE INSTRUÇÕES</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE 2 - PROPOSTA DE MATERIAL COMPLEMENTAR</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE 3 - ARQUIVOS PARA IMPRESSÃO 3D</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O olho humano é um dos órgãos mais importantes para a interação com o ambiente externo, pois é por meio dele que ocorre a visão, um sentido essencial para a socialização, qualidade de vida, segurança, independência e aprendizado. Desde o nascimento, a visão desempenha um papel crucial no desenvolvimento da coordenação motora, percepção espacial e exploração do mundo, sendo indispensável para a aprendizagem, como reconhecimento de objetos, cores, contrastes e detalhes visuais.

Cerca de 285 milhões de pessoas no mundo possuem algum tipo de dificuldade visual e cerca de 60% a 80% poderiam ter sido evitados se houvesse cuidados mais adequados com a visão (OMS, 2023).

De acordo com Vecchia (2023), a perda gradativa da visão prejudica a eficácia da aprendizagem e pode levar ao isolamento social. O autor ressalta que a falta de prevenção precoce dos problemas oculares está diretamente ligada à falta de conhecimento das pessoas em relação aos cuidados adequados com a visão, tornando essencial a disseminação do tema nas escolas para evitar hábitos prejudiciais à saúde ocular.

Essa abordagem pode abranger os conteúdos de Física, como a Óptica Geométrica, que é o ramo responsável pelo estudo dos fenômenos relacionados à propagação da luz, e permite explicar os mecanismos que possibilitam a visão, incluindo o processo de formação de imagens na retina. Além disso, a óptica desempenha um papel fundamental na análise dos defeitos visuais que comprometem a nitidez das imagens, e também na identificação e aplicação de métodos corretivos para esses defeitos.

O conteúdo de óptica relacionado à fisiologia e funcionamento do olho humano pode ajudar os alunos a compreender tanto os fenômenos da Física que estão presentes no funcionamento dos olhos quanto incentivar os jovens a terem mais atenção quanto aos cuidados com a saúde ocular (Vecchia, 2023, p.12)

Com os avanços tecnológicos, o uso da internet tem se intensificado, abrangendo atividades como acesso às redes sociais, jogos online, videogames e plataformas digitais. Esse aumento é evidente, especialmente entre os jovens, mas tem trazido preocupações em relação à saúde ocular. Muitos não dão aos olhos o descanso necessário, já que passam longas horas em frente a telas de celulares, *notebooks*, computadores e televisões (Sonoda, Araújo, 2022).

A matéria do Estado de Minas (2023), alerta que os casos de miopia têm aumentado progressivamente entre crianças e adolescentes, e chama atenção também que a faixa etária de 70% dos pacientes tem de 0 a 19 anos, de acordo com os dados coletados. Ainda com a

matéria do Estado de Minas, 75% dos oftalmologistas apontam que a principal causa é o aumento da exposição dos jovens às telas de dispositivos eletrônicos.

A luz que alcança a visão pertence à faixa do espectro eletromagnético conhecida como “luz visível”, a luz visível possui comprimento de onda entre 400 nm e 700 nm. Nas extremidades desta faixa de luz visível encontra-se a luz não visível, sendo a luz ultravioleta (UV) antes do comprimento de onda aproximadamente de 400 nm e o alcance da luz infravermelha encontra-se após o comprimento de onda de aproximadamente 700 nm (Torres, *et al*, 2016, p. 150).

As telas de dispositivos eletrônicos emitem a chamada “luz azul”, definida desta forma por ser uma luz artificial emitida por LEDs. A radiação luz azul traz malefícios quando ocorre a exposição prolongada, pois está na faixa de luz visível no espectro eletromagnético próximo à luz UV e possui o comprimento de onda curto, transportando quantidade elevada de energia, tornando-se prejudicial à saúde quando ocorre exposição prolongada (Zeizz, 2022).

O olho humano não possui nenhuma proteção contra o tipo de iluminação artificial, logo, a exposição prolongada pode causar degeneração da visão ou degeneração macular (doença que afeta a mácula, área central da retina), e em casos graves, pode causar a perda completa da visão (Albuquerque *et al*, 2020).

As telas menores dos celulares fazem com que as pessoas utilizem os aparelhos a uma distância muito próxima dos olhos, e como consequência do esforço visual para perto, tem-se a facilidade na perda do foco para longe, causando o agravamento da miopia (Gomes *et al*, 2020).

Diante disso, a temática escolhida tem como justificativa a relevância social ao abordar os cuidados da visão, trazer uma forma metodológica mais dinâmica e ilustrativa para o ensino de Óptica Geométrica voltado para a explicação do funcionamento do olho humano, e a função das lentes para a formação de imagens.

O trabalho tem como objetivo principal confeccionar uma proposta de recurso didático para o ensino de óptica geométrica em impressão 3D relacionado ao funcionamento do olho humano e sua fisiologia. Para isso, foram produzidos modelos de olho humano em impressão 3D, incluindo estruturas normais e dois modelos adicionais para demonstração dos defeitos comuns da visão (miopia e hipermetropia). Para o auxílio de manuseio do experimento confeccionado, foi elaborado um manual de instruções.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Luz e óptica: um breve histórico

A Óptica é o ramo da Física que estuda os fenômenos relacionados ao comportamento da luz. O estudo da óptica engloba os fenômenos da propagação da luz, como ocorre essa propagação em diferentes meios e os fenômenos que ocorrem através do comportamento da luz, denominados como: reflexão, refração, absorção, difração, interferência e polarização.

A explicação da natureza da luz recebeu propostas e teorias de diversos físicos sobre a sua forma de propagação e os fenômenos ópticos, que explicaram a luz através das teorias corpuscular e ondulatória. A teoria corpuscular, defendida pelo físico e matemático Isaac Newton (1643-1727 E.C.), consistia na explicação da luz como um conjunto de partículas minúsculas (chamadas de corpúsculos), que eram emitidas da fonte de luz, considerando a propagação da luz de forma retilínea (Young, Freedman, 2016).

Por volta da década de 1670, Newton estudou sobre a dispersão da luz, para entender e explicar o comportamento da luz em diferentes meios de propagação. Através disso, Newton conseguiu perceber que a luz se propagava em linha reta, e descobriu também, através de um experimento, que quando a luz solar branca incide em um prisma de vidro, a mesma sofre dispersão e se decompõe nas cores do arco-íris (Roney, 2013, p. 56).

Figura 1 - Experimento do prisma de Isaac Newton.



Fonte: Torres *et al*, 2016.

Em torno dos anos de 1690, surgiram teorias da natureza da luz com características ondulatórias, proposta por Christian Huygens (1629-1695). A teoria de Huygens dizia que a

luz era formada por ondas, pois os fenômenos de interferência, polarização e difração da luz só poderiam ser explicados considerando a luz como uma onda (Young, Freedman, 2016).

Em 1873, o físico e matemático James Clerk Maxwell (1831-1879) propôs que a luz seria uma onda ou radiação eletromagnética, constituída por dois campos, elétrico e magnético, que oscilavam entre si de forma perpendicular. Através disso, conseguiu demonstrar o valor aproximado da velocidade da luz em seus estudos, utilizando propriedades de campo elétrico e magnético (Young, Freedman, 2016).

Os cálculos executados por Maxwell para descrever a luz como uma onda eletromagnética transversal foram desenvolvidos com base nas constantes físicas fundamentais do meio em que a luz se propaga, sendo essas a permeabilidade magnética  $\mu_0$ , que consiste em descrever a capacidade de formação do campo magnético, e a permissividade elétrica ( $\epsilon_0$ ), que descreve a capacidade de permitir a formação de um campo elétrico no vácuo. Essas constantes físicas permitem calcular a velocidade da luz, por meio da seguinte expressão matemática:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (I)$$

Onde,

$c$  : velocidade da luz no vácuo

$\epsilon_0$  : permissividade elétrica no vácuo

$\mu_0$  : permeabilidade magnética no vácuo

Essas constantes físicas possuem valores conhecidos, sendo a permissividade elétrica ( $\epsilon_0$ ) aproximadamente igual a  $8,85 \times 10^{-12} C/Nm^2$  e a permeabilidade magnética ( $\mu_0$ )  $4\pi \times 10^{-7} H/m$ .

Substituindo esses valores na equação (I),

Obtemos,

$$c \simeq 3,00 \times 10^8 m/s$$

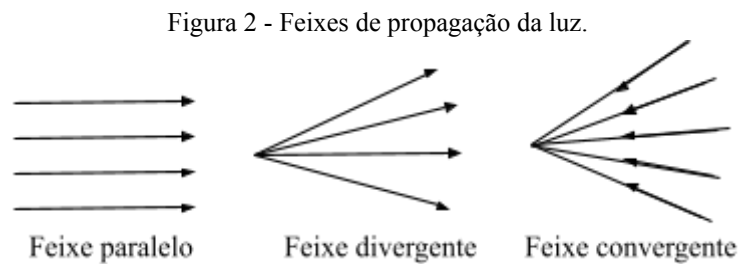
Contudo, somente a explicação ondulatória da luz não satisfazia tudo sobre o comportamento da luz, logo perceberam que a absorção e emissão da luz em superfícies metálicas específicas está associada à explicação da natureza corpuscular da luz, de forma que a energia transportada pela onda luminosa se concentra em pacotes discretos, conhecidos como fóton.

Após esses estudos, concluiu-se a dualidade da luz, sendo a mesma com característica corpuscular e ondulatória. Isto é, alguns fenômenos são explicados considerando a natureza corpuscular e outros são explicados considerando a natureza ondulatória da luz.

Desta forma, o estudo da óptica ficou subdividido como: Óptica Física, que é a parte da óptica que estuda o comportamento da luz como uma onda eletromagnética e os fenômenos relacionados a ela, e Óptica Geométrica, que estuda a propagação da trajetória da luz como raios luminosos (Young, Freedman, 2016).

## 2.2 Conceitos básicos da óptica geométrica

Na Óptica Geométrica, a luz é representada por retas, que são denominadas como raios de luz, e o conjunto desses raios é chamado de feixe, que é representado como linhas propagadas com orientação de direção e sentido (Young, Freedman, 2016). Os feixes luminosos podem ser convergentes, divergentes ou paralelos. Os feixes luminosos convergentes ocorrem quando os raios de luz convergem a um único ponto, já o feixe luminoso divergente ocorre quando os raios se afastam entre si à medida que se propagam e o paralelo, como o próprio nome já diz, são raios de luz que não se cruzam e seguem paralelos um ao outro, podendo ser exemplificado da seguinte forma:

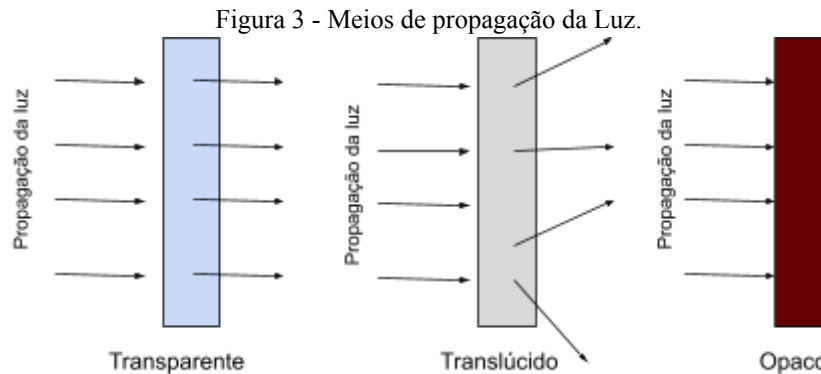


Fonte: Da autora, 2025.

Na área da Óptica Geométrica, consideram-se três tipos de meios de propagação da luz, os quais são capazes de permitir ou modificar a trajetória da luz, sendo eles:

- Transparente: por esse meio os raios de luz se propagam de forma regular, permitindo então que seja possível observar por trás deste meio, como por exemplo, um recipiente de vidro.
- Translúcido: permitem que os raios de luz passem de forma espalhada, fazendo com que a imagem do que está atrás seja vista de maneira distorcida, como por exemplo, uma janela de vidro embaçado.

- Opaco: não permitem a passagem dos raios de luz, impedindo a visualização do que está atrás deles, como, por exemplo, uma parede de concreto.



Fonte: Da autora, 2025.

A Óptica Geométrica baseia-se em três princípios fundamentais:

- Princípio da propagação retilínea da luz: consiste na explicação de que, em meios homogêneos, a luz se propaga em linha reta.
- Princípio da reversibilidade da luz: a trajetória da luz não é influenciada pela direção do trajeto. Se a luz seguisse de um ponto A até um ponto B, ela percorreria o mesmo percurso caso tivesse que ir de B para A.
- Princípio da independência dos raios de luz: quando dois ou mais raios de luz se cruzam, não há interferência entre eles, ou seja, não ocorre interação entre os mesmos e nenhum modifica a trajetória do outro.

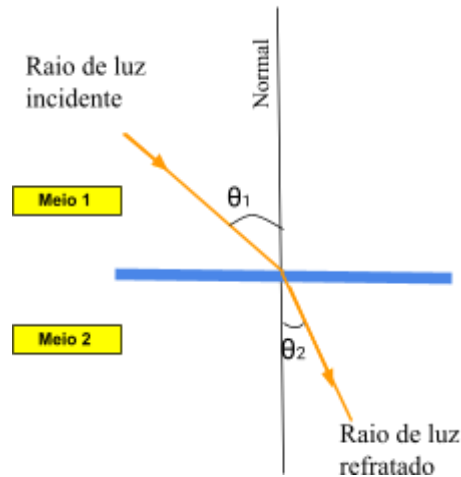
### 2.2.1 Refração da Luz

A luz tem a capacidade de se propagar em vários tipos de meios, sejam estes, líquido, gasoso, sólido, inclusive no vácuo (Young, Freedman, 2016). A refração é definida pela trajetória da luz quando passa entre dois meios ópticos transparentes, como a água ou vidro. Quando isso ocorre, a velocidade de propagação da luz sofre alteração, e essa alteração depende da característica do meio onde a luz se propaga, pois cada material possui o que é chamado de índice de refração.

O índice de refração de um material é uma medida que descreve o quanto a velocidade da luz é diminuída quando atravessa determinado material, em comparação à medida da velocidade da luz no vácuo. A capacidade de diminuir a velocidade da luz de um meio para outro é denominada como refringência (Young, Freedman, 2016). Com essa mudança do

índice de refração de um meio para o outro, a direção linear da trajetória da luz é modificada, devido à diminuição ou aumento da velocidade da luz, conforme é ilustrado na Figura 4:

Figura 4 - Refração da luz



Fonte: Da autora, 2025.

Existem dois tipos de índice de refração: absoluto e relativo. O índice de refração absoluto consiste na razão da velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz em determinado meio, representado matematicamente pela equação II:

$$n = \frac{c}{v} \quad (\text{II})$$

onde,

$n$ : índice de refração.

$c$ : velocidade da luz no vácuo ( $3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ).

$v$ : velocidade da luz no meio.

O índice de refração relativo consiste na razão entre a velocidade da luz em dois meios diferentes (Young e Freedman, 2016). Representado matematicamente pela equação III:

$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}} = \frac{v_2}{v_1} \quad (\text{III})$$

onde,

$n_{1,2}$ : índice de refração do meio 1 em relação ao meio 2;

$v_1$  e  $v_2$ : velocidade da luz nos meios 1 e 2.

A lei da refração foi descoberta pelo astrônomo e matemático Willebrord Snell (1591 - 1626 E. C.), que ficou conhecida como lei de Snell. Ela indica que existe uma relação entre o

ângulo de incidência da luz e o ângulo de refração da luz ( $\theta_1$  e  $\theta_2$ , na Figura 5) (Young, Freedman, 2016). A lei de Snell é representada matematicamente pela equação IV:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2 \quad (\text{IV})$$

onde:

$n_1$ : índice de refração do meio 1

$n_2$ : índice de refração do meio 2

$\theta_1$  e  $\theta_2$  ângulos de incidência e refração, respectivamente.

O Quadro 1 apresenta os índices de refração de alguns meios de propagação:

Quadro 1 - Índice de refração para alguns materiais.

Materiais	Índice de refração
Ar	1,0003
Gelo	1,31
Água	1,35
Álcool	1,36
Acrílico	1,49
Glicerina	1,47

Fonte: David Halliday, 2009.

A refração pode ocorrer em três casos quando a luz se propaga em diferentes meios com o índice de refração diferente, sendo esses:

Caso 1: quando o índice de refração do meio 2 é maior que o índice de refração do meio 1, o raio refratado passa a ter velocidade de propagação menor do que no meio 1 e aproxima-se da reta normal à superfície de incidência.

Caso 2: quando o índice de refração do meio 2 é menor que o índice de refração do meio 1, o raio refratado passa a ter a velocidade de propagação maior do que no meio 1 e se afasta da reta normal à superfície de incidência.

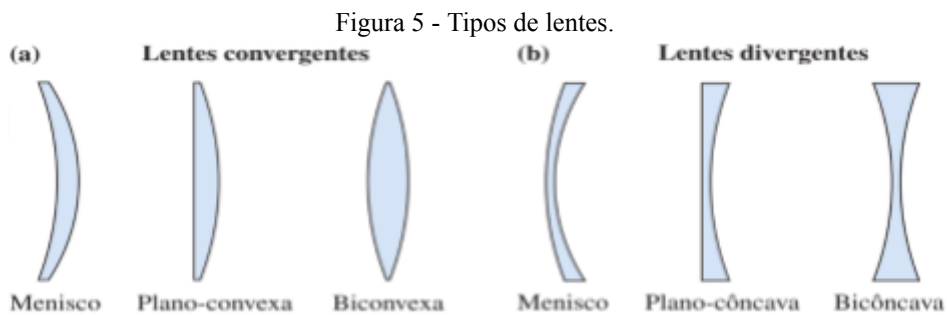
Caso 3: quando o raio incide perpendicularmente aos dois meios, não sofre desvio, apenas sua velocidade é alterada conforme o índice de refração do meio de propagação.

### 2.3 Lentes e formação de imagens

As lentes são dispositivos muito comuns no cotidiano das pessoas, principalmente para pessoas que usam óculos ou lentes de contato. A lente é um sistema óptico com duas superfícies refratoras e transparentes, fazendo com que a luz atravesse do meio 1 para o meio 2 e siga o caminho para o meio 1 novamente, porém ao lado oposto de sua origem incidida (Torres, *et al.* 2016, p. 240).

As lentes com estruturas mais simples possuem duas superfícies esféricas próximas o suficiente para suas distâncias serem desprezadas. Esses tipos de lentes esféricas são denominadas como lentes delgadas (Young, Freedman, 2016).

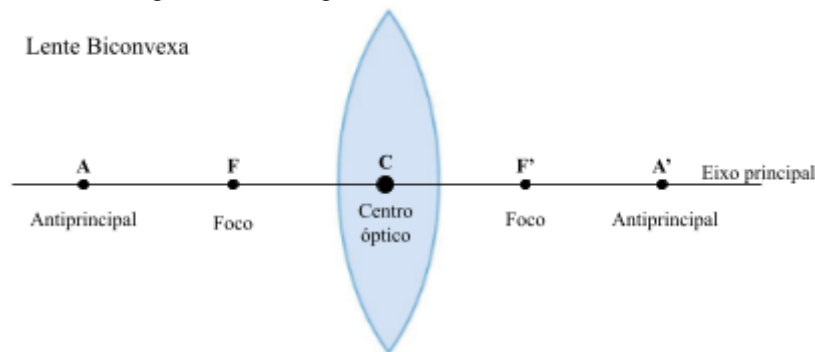
As lentes delgadas podem ser convergentes ou divergentes. As lentes delgadas convergentes são lentes de bordas finas, e as lentes divergentes são o inverso. Conforme a Figura 5, ilustração do formato das lentes e a identificação de cada:



A formação de imagem com o uso de lentes ocorre através do fenômeno de refração, dependendo do tipo de lente, pois dependendo da lente ser convergente ou divergente, a luz se comporta de maneiras diferentes (Young, Freedman, 2016). As lentes convergentes (Figura 6a) possuem a função de convergir os raios de luz para um único ponto, denominado como ponto focal  $f$ . Já as lentes divergentes (Figura 6b) possuem a função de divergir os raios de luz, fazendo com que esses raios se afastem uns dos outros.

As lentes esféricas possuem pontos geométricos, sendo esses conforme a Figura 6 da lente convergente biconvexa apresentada:

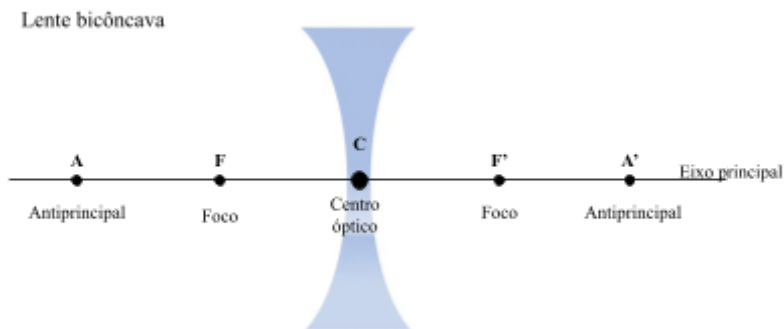
Figura 6 - Pontos geométricos de uma lente biconvexa.



Fonte: Da autora, 2025.

A Figura 7 apresenta os pontos geométricos de uma lente divergente bicôncava. Mesmo que os pontos sejam os mesmos que na lente convergente, é importante ressaltar que cada tipo de lente forma imagens específicas.

Figura 7 - Pontos geométricos de uma lente bicôncava.



Fonte: Da autora, 2025.

Pontos geométricos das lentes:

Centro óptico ( $C$ ): é o ponto de simetria da lente.

$F$  e  $F'$ : ponto de foco principal do objeto e da imagem, respectivamente.

$A$  e  $A'$ : ponto antiprincipal que corresponde ao dobro do foco ( $2F$ ) em distância do centro óptico.

Eixo principal: linha que contém o centro óptico, pontos de foco e os pontos antiprincipais.

Distância focal ( $f$ ): distância entre o centro óptico e o foco principal da lente.

É possível determinar a posição de um objeto e o tamanho da imagem formada por uma lente, através de um método gráfico. Esse método gráfico consiste na incidência de raios notáveis de luz. Os raios notáveis são os raios de luz que passam pelos pontos geométricos das lentes apresentadas nas Figuras 8 e 9, que divergem de um ponto do objeto que não esteja

no eixo óptico para a determinação da posição e tamanho da imagem formada. Os raios notáveis que incidem sobre as lentes são refratados de três formas:

- O raio de luz que incide paralelo ao eixo principal é refratado em direção ao foco ( $F'$ ).
- O raio de luz que incide na lente passando pelo centro óptico ( $C$ ) não sofre desvio.
- O raio de luz que incide na lente passando pelo foco ( $F$ ) é refratado paralelamente ao eixo principal.

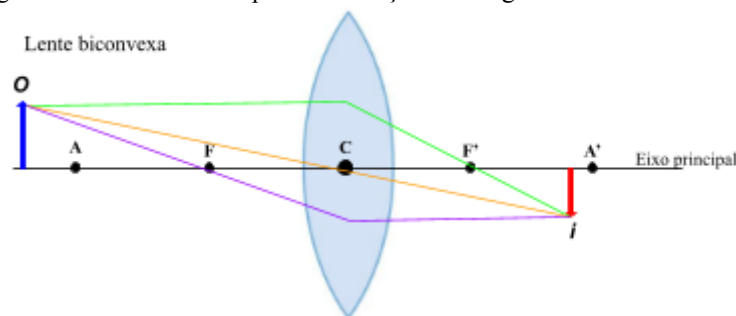
As lentes convergentes podem formar cinco tipos distintos de imagens, as características da imagem formada dependem da posição onde o objeto é posicionado.

As imagens formadas por lentes convergentes podem ser:

- Real: quando a imagem é formada pelo cruzamento dos raios de luz.
- Virtual: se formam quando não ocorre o cruzamento dos raios, mas sim o prolongamento dos mesmos.
- Imprópria: uma imagem que não se forma quando não há cruzamento dos raios refratados (a imagem está no infinito).
- Menor: uma imagem reduzida em relação ao objeto.
- Maior: uma imagem ampliada em relação ao objeto.
- Igual: imagem formada sem alteração no tamanho em relação ao objeto.
- Invertida: quando a imagem se forma no semiplano oposto do objeto.
- Direita: quando a imagem se forma no mesmo semiplano do objeto.

A Figura 8 apresenta a formação de uma imagem através do método gráfico dos raios notáveis em uma lente convergente biconvexa.

Figura 8- Método gráfico dos raios de luz para a formação de imagem em uma lente convergente biconvexa.

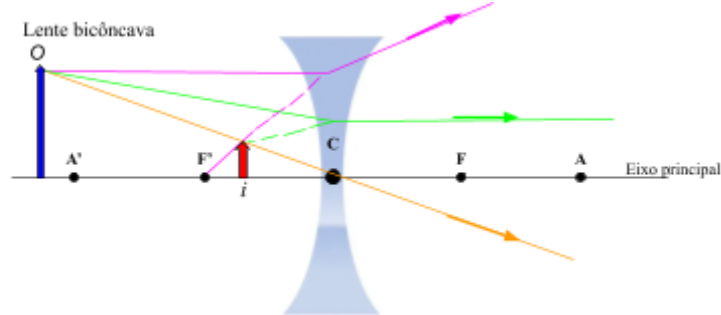


Fonte: Da autora, 2025.

A Figura 8 representa a formação de uma imagem ( $i$ ) de um objeto ( $O$ ) que está posicionado antes do ponto antiprincipal. A imagem formada pela lente corresponde a uma imagem menor, real e invertida.

As lentes divergentes só podem formar um tipo de imagem, sendo: virtual, menor e direita, independente da posição do objeto. Uma imagem de um objeto se forma na lente divergente, através do prolongamento dos raios refratados. A Figura 9 apresenta a formação de uma imagem através do método gráfico dos raios notáveis em uma lente divergente bicôncava.

Figura 9- Método gráfico dos raios de luz para a formação de imagem em uma lente divergente bicôncava.



Fonte: Da autora, 2025.

Os raios notáveis de luz incidindo na lente divergente seguirão o mesmo modo da lente convergente para a formação de imagem, porém a imagem na lente divergente não será formada pela convergência desses raios de luz, e sim pelo prolongamento dos raios refratados. A linha rosa representa o raio de luz que incide paralelo ao eixo principal, sendo refratado e criando um prolongamento do raio de luz para o foco principal da imagem ( $F'$ ). A linha laranja representa o raio de luz que incide na lente passando pelo centro óptico ( $C$ ) que não sofre desvio. A linha verde representa o raio de luz que incide paralelo ao eixo principal e sofre o prolongamento do raio ao foco principal da imagem ( $F'$ ).

O formato da lente influencia na direção em que os raios de luz são refratados. Para a produção das lentes, é utilizada a equação dos fabricantes de lentes. Essa equação é utilizada para calcular a vergência da lente, que é uma grandeza física que mede a capacidade de uma lente convergir ou divergir os raios de luz. A vergência da lente também é conhecida popularmente como o grau da lente, a sua medida é feita em unidade de dioptria ( $m^{-1}$ ). A equação dos fabricantes de lentes é representada matematicamente pela equação V:

$$v = \frac{1}{f} = \left( \frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (V)$$

onde,

$v$ : vergência da lente.

$f$ : distância focal.

$n_1$  e  $n_2$ : índices de refração

$R_1$  e  $R_2$ : raios de curvatura (distância do centro óptico e o foco antiprincipal do objeto) das superfícies 1 e 2, respectivamente.

Quando a vergência da lente é positiva, indica que a lente é convergente, pois convergem os raios de luz e formam o ponto de foco mais à frente do sistema óptico, e quando a vergência é negativa, indica que a lente é divergente, pois os raios se divergem e afastam o ponto de foco no sistema óptico (Capelini, 2019).

Representado desta forma:

$f > 0$ : distância focal positiva (lentes convergentes).

$f < 0$ : distância focal negativa (lente divergente).

## 2.4 Óptica da visão e estrutura fisiológica do olho humano

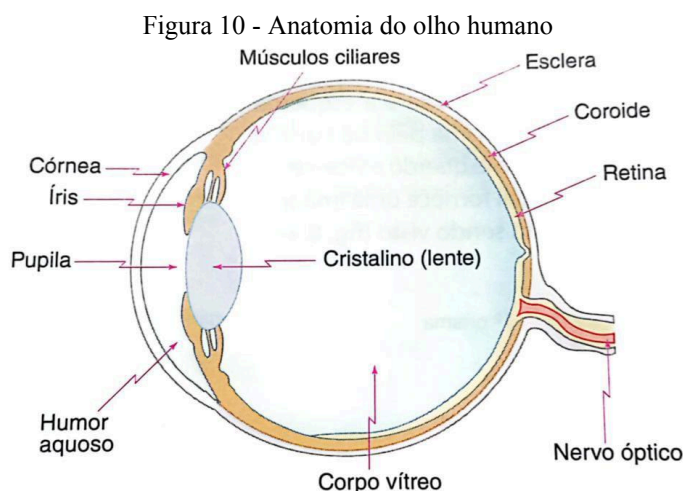
Segundo Vecchia (2023, p. 8), o olho humano é um dos órgãos sensoriais mais complexos dos seres humanos, pois é através deste órgão que o indivíduo consegue interagir com o mundo exterior e perceber detalhes do ambiente onde está inserido. De acordo com o Manual de Saúde Ocular (MSO, 2008), o olho, por ser um órgão muito complexo, a percepção visual melhora após um ano de nascimento da criança, pois ao nascer nos seus primeiros meses de vida, a criança enxerga pouco, mas o sentido se aprimora e desenvolve gradativamente, mas o desenvolvimento por completo dos olhos ocorre aproximadamente aos 6 anos de idade.

De acordo com o MSO (2008), o sentido da visão auxilia diretamente no aprimoramento cognitivo e motor do ser humano. Por esse motivo, a perda da mesma pode gerar diversos problemas na aprendizagem do indivíduo. O olho humano possui uma estrutura complexa para que ocorra a produção de imagem de forma nítida, pois essas partes em conjunto tornam possível o fenômeno óptico da visão de um olho humano saudável (emétrope).

O olho humano está localizado em uma cavidade, chamada de órbita, comportada na parte frontal do crânio, que faz interligação diretamente com o cérebro através do nervo óptico. O olho humano é composto por três camadas que compõem a estrutura ocular e fornecem o formato dos olhos, são elas: esclerótica (camada externa), coróide (camada média) e retina (camada mais interna, onde se forma a imagem). Além dessas camadas, o olho possui

diversas partes que respondem a estímulos da luz, são elas: córnea, íris, pupila, cristalino, corpo ciliar ou músculos ciliares, humor aquoso, humor vítreo, cones, bastonetes e nervo óptico (Abrahams, 2009, p. 22).

Cada parte do olho humano possui determinadas funções e nomes, a estrutura do órgão proporciona a visão de imagens que podem ser nítidas ou não, caso o indivíduo possua algum defeito na mesma. A Figura 10 ilustra a localização de todas as partes e camadas que compõem o olho humano mencionadas anteriormente:



Fonte: Torres *et al*, 2016.

A anatomia do olho e as funções de cada parte foram descritas de acordo com Abrahams (2009).

O olho humano possui três camadas principais: a esclerótica que é a camada exterior branca, responsável pelo formato e consistência do olho, e atua como proteção do olho juntamente com a córnea, que possui uma camada translúcida que auxilia na penetração da luz até a retina, e essa camada também é responsável por ajudar na proteção dos olhos.

A camada mediana chamada coróide é uma camada membranosa vascular, localizada entre a esclera e a retina, que é responsável pela nutrição e oxigenação das camadas dos olhos. É composta por vasos sanguíneos e responsável pela produção de humor aquoso (líquido transparente de dentro dos olhos), e auxilia na absorção da luz.

A retina é a camada interna dos olhos onde é projetada a imagem, que responde a estímulos luminosos através dos nervos fotorreceptores (cones e bastonetes), localizados em uma área chamada de mácula.

O nervo óptico é um nervo sensível interligado à retina e ao cérebro, com a função de passar a informação da imagem projetada na retina através de impulsos visuais para o cérebro.

Após isto, o cérebro entende o estímulo e corrige a imagem que é projetada invertida da retina anteriormente.

Corpo vítreo é uma parte interna do olho humano, gelatinosa e incolor que garante a forma natural dos olhos. Localizado após o cristalino, é composto basicamente por água, fibras e ácido hialurônico.

Corpo ciliar ou músculos ciliares são musculaturas que permitem a acomodação visual do cristalino para a focalização de objetos próximos ou distantes, assim garantindo a nitidez da imagem projetada na retina, pois, igualmente à córnea, o cristalino também promove a refração dos raios luminosos até a retina.

O cristalino é uma espécie de lente incolor (transparente) e flexível, que possui a função da focalização da imagem ou objeto e promove a refração dos raios luminosos até a retina. Humor aquoso é o líquido translúcido, responsável por nutrir a retina e a córnea, e auxilia também na refração da luz.

A íris, é parte que possui a coloração dos olhos por causa da quantidade de melanina presente, esse componente do olho humano comporta uma abertura central, chamada de pupila, que é o orifício que se localiza na parte central da íris com a função de controlar a luminosidade que penetra na parte interna dos olhos, e a íris é a responsável por fazer a dilatação ou a contração desta abertura, para o controle de luz que será penetrada na parte interna do olho, quando a pessoa está em um ambiente pouco iluminado, ocorre a dilatação da pupila para que seja possível enxergar sombras e penumbras, e quando ocorre o contrário a pupila é contraída por não haver a necessidade de grande quantidade de luz para enxergar.

O conjunto que compõe todas as partes para formar o olho humano proporciona ao órgão uma função parecida com uma câmera fotográfica para focar em objetos e ajustar a quantidade de luz para captar uma imagem nítida.

O recurso didático confeccionado para o trabalho faz a simulação das seguintes partes do olho: a pupila, a estrutura do globo ocular, para simular a deformação do mesmo para os defeitos de miopia e hipermetropia, além de simular a camada da retina na borda do diâmetro interno do globo ocular, e o cristalino, através da utilização de uma lente biconvexa.

## **2.5 Formação de imagem no olho humano e os defeitos da visão**

Para a explicação da formação de imagem no olho humano, foi baseado no livro de Física IV dos autores Young, Freedman (2016, p. 70), que afirmam que o processo da formação de imagem no olho humano inicia-se a partir do fenômeno de refração, quando a luz

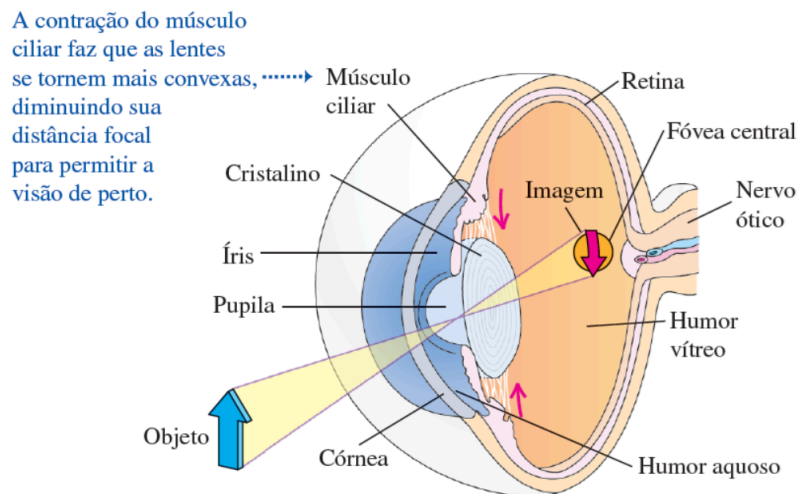
incidente penetra através da córnea, passando pela pupila e pelo humor aquoso, chegando ao cristalino que atua como uma lente biconvexa.

Os raios de luz são refratados pelo humor aquoso, localizado antes do cristalino, e o humor vítreo, localizado depois do cristalino. Ambos líquidos possuem o mesmo índice de refração (1,33), próximo ao índice de refração da água.

Os raios luminosos convergem através desse sistema convergente de lentes a um ponto, o qual se torna o ponto focal, formando neste ponto a imagem na retina, camada localizada no fundo do globo ocular, rica em fotorreceptores e células nervosas conectadas ao cérebro pelo nervo óptico.

Quando a imagem é projetada e formada na retina, esta imagem se forma como uma imagem real e invertida, em seguida a imagem formada é transmitida para o cérebro, que é o responsável por fazer a correção e orientação da imagem para que seja percebida de forma correta. A projeção ocorre conforme a Figura 11:

Figura 11 - Olho humano e o funcionamento da visão.



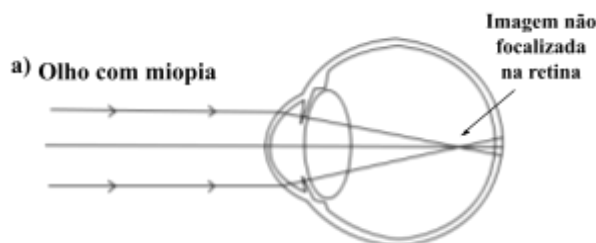
Fonte: Young e Freedman, 2016.

Há casos em que essa formação de imagem não ocorre corretamente na retina, devido a deformações no globo ocular, sendo este globo prolongado ou encurtado, que é o caso da miopia e hipermetropia, respectivamente (Young, Freedman 2016).

Segundo Young; Freedman (2016, p. 69), a miopia consiste em um defeito da visão, onde o globo ocular do indivíduo é alongado, comparado ao raio de curvatura da córnea, com isso afastando a retina da distância ideal para a formação de imagem, fazendo com que a distância focal do cristalino fique distante da camada da retina e esse defeito faz com que a

imagem formada seja projetada antes da retina, fazendo com que o indivíduo tenha dificuldade de enxergar objetos distantes, como ilustra na Figura 12:

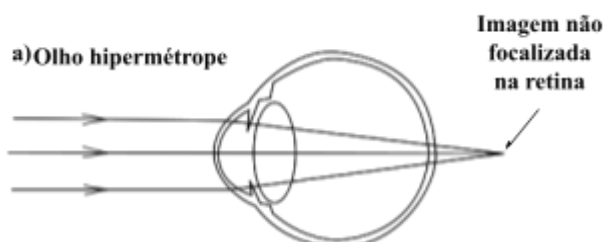
Figura 12 - Olho míope e raios refratados.



Fonte: <https://www.opticaparatodos.com/?s=miopia> (Adaptada pela autora, 2025).

Já a hipermetropia, o problema de visão é o oposto da miopia, isto é, o globo ocular tem sua estrutura encurtada, e isso faz com que a imagem que deveria ser projetada na retina, seja formada depois da retina, e esse defeito conseqüentemente faz com que o indivíduo tenha dificuldade em enxergar objetos próximos, conforme a Figura 13:

Figura 13 - Olho hipermétrope e raios refratados.



Fonte: <https://www.opticaparatodos.com/2010/02/02/hipermetropia-o-hiperopia/> (adaptada pela autora, 2025).

### 2.5.1 Correção dos defeitos da visão

O uso de lentes de contato ou óculos é muito comum para corrigir os defeitos de visão, estes objetos ópticos são receitados por oftalmologistas, que fazem o diagnóstico do defeito de visão que o indivíduo possui. Cada caso é específico para a fabricação da lente, pois os problemas visuais podem ser apresentados desde o nascimento, no decorrer dos anos, ou até mesmo com o envelhecimento da pessoa.

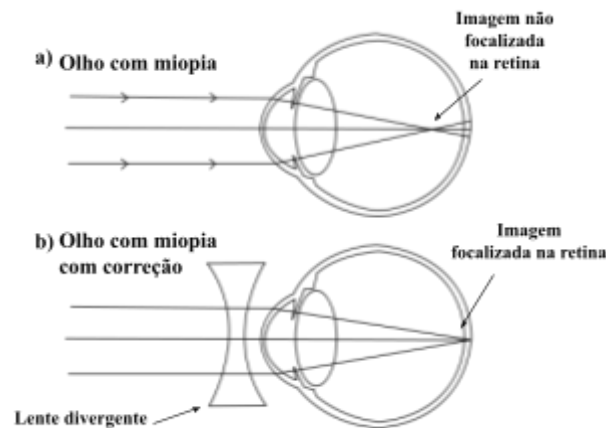
As lentes corretivas geralmente são descritas em termos de vergência, definida como o inverso da distância focal expressa em metros ( $m^{-1}$ ). A unidade de vergência é a dioptria, essa medida está relacionada ao que é conhecido como grau da lente (Young, Freedman, 2016, p. 72).

Para a correção do defeito de miopia, é utilizada uma lente divergente para divergir os raios de luz e, quando os raios passarem pelo cristalino, poderão ser convergidos, fazendo com que a imagem seja formada corretamente na retina. A distância focal para definir a medida de dioptria da lente varia para cada indivíduo.

Como a miopia consiste no defeito do alongamento do globo ocular, para corrigir é necessário  $f < 0$ , consequentemente obtendo uma lente com o “grau” negativo (Young, Freedman, 2016, p. 71).

A Figura 14 ilustra como ocorre a correção do defeito de miopia e como os raios incididos se comportam após a correção.

Figura 14 - Olho míope e correção com lente divergente.

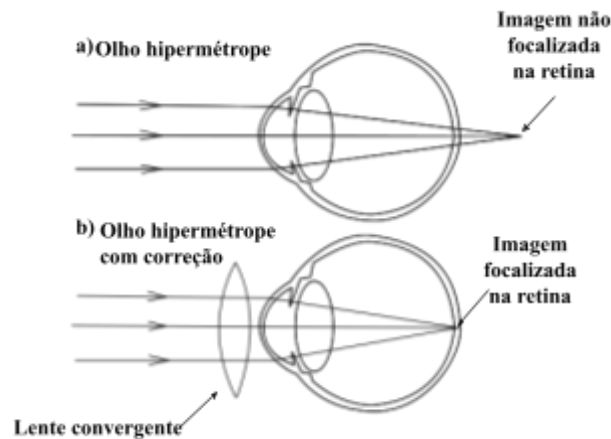


Fonte: <https://www.opticaparatodos.com/?s=miopia> (adaptada pela autora, 2025).

Na figura 18 (a), pode-se observar o olho com o defeito de miopia sem correção, a projeção da imagem ocorre antes da retina, devido ao alongamento do globo ocular, com isso proporcionando ao indivíduo uma imagem sem nitidez. Na figura 18 (b), pode-se observar o olho com miopia sendo corrigido com uma lente divergente ( $f < 0$ ), para que o objeto seja observado em uma distância menor.

O olho hipermetrope possui o defeito da visão que é o oposto da miopia, isto é, o olho hipermetrope possui o encurtamento do globo ocular, impedindo que a pessoa consiga observar os objetos próximos. A correção é o oposto da miopia, ou seja, a lente necessita que  $f > 0$ , como consequência obtendo o “grau” positivo para a lente, de modo que o objeto observado seja visto a uma distância maior, com isso, a correção deve ser utilizando lentes convergentes (Young, Freedman, 2016, p. 72). A Figura 15 ilustra o defeito da miopia e a correção.

Figura 15 - Olho hipermétrope e correção com lente convergente.



Fonte: <https://www.opticaparatodos.com/2010/02/02/hipermetropia-o-hiperopia/> (adaptada pela autora, 2025).

A Figura 15 (a) ilustra como a imagem é projetada no olho de uma pessoa com defeito de hipermetropia. Como pode-se observar, a imagem formada é projetada após a retina, causando visão desfocada. Na Figura 15 (b), pode-se observar a correção utilizando uma lente convergente, com a função dos raios convergirem, corrigindo o foco antes de penetrarem a pupila, com isso passando por todo o sistema óptico do olho até chegar corretamente na retina.

## 2.6 Uso de tecnologia de impressão 3D para o ensino

Com o avanço da tecnologia, muitas formas de ensinar se apresentam como possibilidade para atualizar as metodologias de ensino, e os profissionais da área da educação podem incluir em suas aulas formas didáticas que possam contribuir para o aprendizado dos alunos. Saber utilizar a tecnologia como uma forma de promover um ensino mais atrativo, dinâmico e inovador torna as aulas mais instigantes para o aluno.

O uso da tecnologia de impressão 3D não é uma novidade, porém também não é um instrumento muito utilizado na área do ensino, pois muitos professores ainda não têm acesso a uma impressora 3D, ou quando têm acesso, não possuem conhecimento do manuseio da mesma. De acordo com Santos, Andrade (2020, p. 3), na educação, a tecnologia de impressão 3D possui o potencial de contribuir para o ensino, pois por meio dos modelos impressos, é possível fazer experimentos funcionais para utilizar nas aulas.

A tecnologia de impressão 3D surgiu através do movimento *maker*, que possui uma filosofia de *hands-on*, que significa mão na massa, e do *it*, que é, faça você mesmo, que incentiva a criatividade do estudante, de forma que aprendam a trabalhar com resolução de

problemas, como o estudo de programação com Arduino, robótica, e outras ferramentas tecnológicas (Santos, Andrade, 2020).

Os autores Pires, Vinholi (2022, p. 4) afirmam que houve aumento de pesquisas relacionadas à impressão 3D desde 2016, e isso pode ter ocorrido devido à disseminação da cultura *maker* que chegou ao Brasil em 2011.

A integração de aulas experimentais e demonstrações lúdicas contribui ao conhecimento dos alunos, fazendo com que os mesmos se interessem mais pela disciplina, pois trazer algo mais lúdico facilita a compreensão dos alunos, principalmente se esses experimentos estão relacionados ao cotidiano dos mesmos (Ferreira; Ghiglieno; Tribuzi, 2024, p. 2).

De acordo com Aguiar (2016, p. 24), muitos professores concordam que as aulas demonstrativas com experimentos causam melhoria na aprendizagem dos alunos, porém muitas vezes fatores impedem que consigam realizar as aulas utilizando este método de ensino. Dentre esses fatores estão incluídos a indisponibilidade do professor para planejamento de aula, a escola que não possui recursos necessários, como laboratório, equipamentos experimentais, dentre outros motivos que conseqüentemente não possibilitam a aplicação do método.

O uso de kits experimentais, experimentos virtuais, podem ser utilizados como um método para explorar o interesse e curiosidades dos alunos em sala de aula. De acordo com Ferreira *et al*, (2024, p. 2), afirma que:

Com os avanços tecnológicos, novas ferramentas e tecnologias têm revolucionado a execução de experimentos, elevando a qualidade e o alcance das práticas experimentais. Os experimentos virtuais, ganhando popularidade crescente, proporcionam aos estudantes acesso a experiências antes inalcançáveis em ambientes educacionais convencionais (Ferreira *et al*, 2024).

Dentre todos os avanços tecnológicos relacionados ao ambiente educacional, por exemplo, o estudo a distância, simulações computacionais, robótica educacional, destaca-se também a tecnologia de impressão 3D. Diante disso, Nascimento *et al*, (2022) afirmam que o uso da tecnologia de impressão 3D ainda não está muito presente em território nacional, devido ao investimento alto para adquirir esta ferramenta tecnológica.

Pelo custo elevado da ferramenta, poucas redes públicas têm acesso no Brasil. Com isso, é notório que é necessário um investimento maior para as escolas da rede pública no Brasil. Neste contexto, é necessário que os docentes tenham formações iniciais e continuadas para aprender a fazer o manuseio do instrumento tecnológico nas aulas e não se limitem

apenas ao ensino tradicional (Caruso *et al*, 2023).

Nascimento *et al* (2022, p. 5), afirmam que no período atual, o uso de impressão 3D na educação já é realidade em muitos países, porém as escolas brasileiras ainda não possuem a tecnologia de forma tão presente pela falta de investimento, estrutura e falta de preparo dos professores, o autor aborda também as vantagens do uso da impressão 3D como um meio facilitador para desenvolver o ensino prático e lúdico, por confecção de recursos didáticos.

O uso de impressão 3D no ambiente escolar possibilita a confecção de novos recursos didáticos, que podem ser utilizados em aulas práticas, mas para isso é necessário ser realizada a formação de professores qualificados para isso. Os autores, Peres *et al* (2021, p. 2), afirmam que:

A modernização das escolas é um desafio pois demanda professores qualificados, aquisição de equipamentos e manutenção. As facilidades atuais de acesso à impressora 3D é um dos elementos necessários para inserção da tecnologia nas escolas (Peres, *et al.*, 2021, p. 2).

A disciplina Física, para muitos alunos é vista como uma disciplina desafiadora devido aos seus conceitos complexos. O uso de métodos experimentais em sala de aula pode proporcionar uma visualização melhor desses conceitos, por tornar o ensino mais tangível. A tecnologia, por sua vez, entra neste cenário como uma forma de tornar as aulas mais atrativas. De acordo com Freitas e Teixeira (2022, p. 31), o ensino com uma abordagem experimental e uso de ferramentas tecnológicas, podem ser vistas como um fator positivo, pois essas ferramentas são muito úteis para despertar o interesse e curiosidade das pessoas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), prever que:

O uso e o aprofundamento do conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos, protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam a demandas para a resolução de problemas identificados na sociedade (Brasil, 2017).

Desta forma, destaca-se o uso de ferramentas como impressora 3D para o ensino, pois a mesma possibilita criações de recursos didáticos para ensinar. De acordo com Aguiar (2016, p. 24), o conhecimento para manipular impressoras 3D possibilita a transformação dessa tecnologia em uma fábrica para criar e produzir instrumentos didáticos para utilizar em aulas práticas em sala de aula.

Dessa forma, é perceptível que a utilização da impressora 3D, além de colaborar com o desenvolvimento de recursos didáticos para auxiliar as aulas dos professores, também colabora com a aprendizagem do aluno.

A impressão 3D é importante para a educação, pois garante a aprendizagem dos conteúdos em diferentes áreas do conhecimento e pode ser usada para trabalhar a interdisciplinaridade. Portanto, o presente trabalho também colabora com o incentivo do uso da tecnologia por professores, para desenvolverem recursos didáticos e incluírem em suas aulas, tornando-as mais interativas, e garantindo a qualidade de ensino. Portanto, este trabalho incentiva o uso da tecnologia por professores para desenvolver recursos didáticos e incluí-los nas aulas, tornando-as mais interativas e garantindo a qualidade de ensino.

## **2.7 A interdisciplinaridade para o ensino de Física**

O conceito de interdisciplinaridade foi explorado por diversos autores, dentre eles, se destaca Ivani Fazenda (2015), a autora apresenta em sua obra uma vasta bibliografia sobre o tema, que diz que o conceito de interdisciplinaridade surgiu na França e na Itália na década de 1960, por meio de estudantes que fizeram manifestações reivindicando um ensino que abrangesse questões sociais, políticas e econômicas, e esse conceito de ensino chegou no Brasil ao final da década de 1960, e rapidamente foi incorporado na elaboração da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) e sua proposta tem sido intensificada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's).

Na obra de Fazenda (2015), a autora ressalta que, mesmo com as reformas na educação brasileira, o conceito de interdisciplinaridade na educação ainda não é completamente compreendido pelos docentes, a autora afirma que:

Quando falamos em interdisciplinaridade, estamos de algum modo nos referindo a uma espécie de interação entre as disciplinas ou áreas do saber. Todavia, essa interação pode acontecer em níveis de complexidade diferentes (...) A Interdisciplinaridade na educação favorece novas formas de aproximação da realidade social e novas leituras das dimensões socioculturais das comunidades humanas (Fazenda, 2015).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), apresentam a interdisciplinaridade como interligações entre distintas áreas do conhecimento para agregar e aprimorar a educação (MEC, 2002)

A interdisciplinaridade entre distintas áreas do conhecimento cria uma conexão para

um estudo mais aprofundado e atrativo, abordando questões mais complexas, como problemas ambientais, tecnológicos, culturais, dentre outros que exigem uma colaboração de saberes.

Segundo Bocchi (2017, p. 7), a interdisciplinaridade é uma abordagem que promove interação e diálogos entre diferentes áreas do conhecimento, buscando superar uma visão fragmentada e limitada, o que acontece muitas vezes quando os problemas são analisados somente pela perspectiva de uma disciplina. A interdisciplinaridade, portanto, fornece uma alternativa epistemológica que valoriza o complemento entre os campos de conhecimento, permitindo uma análise mais ampla.

Contextualizar os conteúdos de Física envolvendo Biologia torna os conteúdos mais atrativos, pois está relacionado ao cotidiano do aluno e, além de proporcionar um ensino amplo, facilita a aprendizagem do estudante e a compreensão dos fenômenos físicos presentes no seu cotidiano.

A óptica é um ramo da Física muito abrangente e interdisciplinar, que explica os fenômenos relacionados à propagação e interação da luz com o meio. Estes fenômenos se conectam completamente com outras áreas da Física, como Eletromagnetismo, Ondulatória Relatividade, e Física quântica, e áreas diversificadas, como engenharia e medicina, além de ser uma área que está totalmente conectada ao cotidiano das pessoas (Ferreira *et al*, 2024).

O olho humano é um exemplo para explicar fenômenos físicos da luz, através do entendimento da visão. Utilizar a interdisciplinaridade no ambiente escolar, aprimora o ensino da Física para um espaço menos tradicional, como a decoração de fórmulas e cálculos, sem fazer relação com a presença da Física com a realidade dos estudantes.

Os conteúdos de Física são muitas vezes apresentados de forma relativamente abstrata para os alunos, pois os mesmos não conseguem fazer relação com a sua realidade, por não conseguirem acompanhar o conteúdo em sala de aula (Fernandes, Prestes, 2021).

O uso da interdisciplinaridade nas aulas é uma forma de ensino utilizada para contribuir como um método facilitador para a aprendizagem dos alunos. Diante disso, os PCN's relacionam a interdisciplinaridade com a contextualização dos conhecimentos, e afirmam que:

A tendência atual, em todos os níveis de ensino, é analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e conformam determinados fenômenos. Para essa visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na nova proposta de reforma curricular, pretendemos superar pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos (BRASIL, 1999).

Segundo Bocchi (2017, p. 8), uma das práticas da interdisciplinaridade, é o de importação, pois quando uma determinada disciplina chega ao seu limite, vê-se a necessidade de transcender suas fronteiras com a possibilidade de agregar seus conceitos interligando com diferentes áreas do conhecimento.

Utilizar a interdisciplinaridade no âmbito escolar pode integrar novas ideias a partir de conexões com conceitos distintos, impulsionando a criatividade e inovação. Além disso, implementar a interdisciplinaridade no ensino de Física necessita planejamento e criatividade dos docentes. Para isso é necessário conhecer as conexões entre as disciplinas e saber criar métodos que possam contribuir para o engajamento dos alunos. O autor Bocchi (2017, p. 2), afirma que:

A interdisciplinaridade entre Física e Biologia, associada a situações e informações cotidianas, pode vir a promover um conhecimento amplo, ramificado e significativo (...) Mostrar ao aprendiz a interligação entre seus sentidos e os conceitos físicos envolvidos em uma situação cotidiana, através de uma abordagem interdisciplinar, poderá gerar uma aprendizagem subordinada derivativa e superordenada, fazendo com que o novo conhecimento ligue-se de maneira não-arbitrária ao conhecimento pré-existente e, em muitos casos, até corrigindo-os (Bocchi, 2017, p.2).

As Bases Nacionais Comum Curricular (BNCC), aborda a competência 8 sobre o autocuidado, afirma que:

Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas (BRASIL, 2017, p. 10).

O processo de cuidado abordado pela BNCC como competência está atrelado seguramente à compreensão dos cuidados com a saúde física e emocional, assim como o olho humano, que é um órgão vital para a interação com o mundo externo, e reconhecer a importância deste sentido ajuda o estudante entender como prevenir problemas devido aos maus hábitos que possam prejudicar este órgão. Assim como todo o corpo, o olho humano necessita diariamente de atenção e cuidados.

A BNCC aborda na competência 8 sobre a autocrítica também, fazendo uma analogia relacionada às práticas prejudiciais à saúde física e emocional. Desta forma, expandindo para relacionar com o olho humano, a autocrítica traz a percepção com os maus hábitos que influenciam na saúde ocular, como o uso excessivo de telas e intensidade de luz inadequada. Conseqüentemente, afeta a saúde emocional, pois os defeitos visuais influenciam na

aprendizagem, e quando o indivíduo não compreende e não identifica os problemas, pode acabar se isolando, ocasionando sentimentos de frustração por ter dificuldade para aprender. Portanto, o cuidado com os olhos é essencial para um cuidado paralelo entre a saúde física e emocional, desse modo, ambos necessitam de cuidado e atenção contínua.

A partir disso, é importante ressaltar que a utilização de métodos interdisciplinares contribui para o ensino e aprendizagem dos alunos, além de ampliar seu conhecimento e proporcionar uma aula mais dinâmica e atrativa para os estudantes, mas também garante aos mesmos, a percepção de autocuidado relacionado à visão. O trabalho desenvolvido fundamenta-se nesse método interdisciplinar envolvendo o estudo da Óptica com a anatomia do olho humano, buscando promover um ensino mais atrativo aos alunos, relacionando ao funcionamento da visão.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa de natureza aplicada, de cunho explicativo, visto que trata-se de uma pesquisa com característica experimental (Prodanov, Freitas, 2013). A abordagem do trabalho concentra-se no desenvolvimento teórico e na confecção do recurso didático para o estudo de Óptica da visão como proposta para uma possível implementação de aplicação no ramo educacional. Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizada revisão bibliográfica por meios de pesquisas através do Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES e repositórios de Universidades públicas e Institutos Federais.

O trabalho se deu pela construção de um recurso didático como proposta de experimento aplicável para o estudo dos fenômenos ópticos que ocorrem no funcionamento do olho humano, confeccionado através da tecnologia de impressora 3D a fim de contribuir para as aulas de Física nos conteúdos de Óptica integrado à Biologia.

De acordo com Ferreira *et al*, (2024, p. 3), a utilização da abordagem experimental no ensino de Física constitui uma metodologia capaz de proporcionar aos estudantes uma percepção mais concreta dos fenômenos físicos, sendo essa prática capaz de favorecer uma assimilação mais eficaz dos conceitos.

O trabalho foi realizado no laboratório IF Maker do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP), *Campus Macapá*, utilizando impressora 3D, o filamento ABS (uma resina termoplástica derivada do petróleo formada por: acrilonitrila, butadieno e estireno), utilizado para a impressão dos modelos de olho humano e os suportes que posicionam os modelos e o *laser* alinhados para demonstração experimental. Para a preparação dos modelos em 3D, foram utilizados os *softwares Tinkercad* e *Ultimaker Cura* para o processo de modelagem e fatiamento dos modelos 3D.

Os materiais necessários para a confecção do recurso didático: computador com acesso a internet, paquímetro e régua para as medições, kit óptico de lentes com laser vermelho, cartão SD, filamento ABS na cor branca (escolhido para o contraste com os feixes de luz do *laser*), e filamento ABS na cor preta (opcional) para os suportes, impressora 3D Creality CR10 V2, uma pasta canaleta transparente para utilizar como um acetato recortado como molde sobreposto em cada modelo de olho (apêndice 4). O acetato permite observar os feixes de luz que incidem na lente e seu trajeto até a borda do modelo. Para a modelagem dos modelos de olho humano, foi utilizado o *software online Tinkercad* de design 3D e o *software Ultimaker Cura* na versão 3.8.1 para preparação dos modelos 3D para impressão.

Após o recurso didático construído ser finalizado, foi elaborado um manual de instruções para orientar a montagem do experimento (apêndice 1), e uma proposta de temas (apêndice 2), que podem ser utilizados para a abordagem do recurso didático. Esse material complementar elaborado foi avaliado por 8 professores de Física de distintas redes de ensino, sendo alguns professores de rede privada, e outros de rede pública estadual e federal.

A avaliação consistiu no manuseio, leitura do material complementar e preenchimento de um formulário *online* no Google Forms, utilizando o método *Survey*, com um conjunto de perguntas abertas e fechadas, dividido em duas seções: a primeira seção para identificar o perfil dos professores avaliadores e a segunda seção consistiu na avaliação do material apresentado.

Com isso, a metodologia apresentada será separada em dois subtópicos, sendo o subtópico 3.1 para apresentar o método adotado para a construção do recurso didático e o subtópico 3.2 para abordar o método utilizado para avaliação da proposta de recurso didático confeccionado.

### 3.1 Confeção do recurso didático proposto

A confeção do recurso didático ocorreu através do processo de modelagem, impressão e montagem final. Para o início da modelagem, foram realizadas as medidas de uma lente biconvexa e a distância focal da mesma.

A Figura 16 apresenta o kit óptico que foi adquirido na plataforma de comércio eletrônico Shopee, utilizado para a construção do projeto realizado.

Figura 16 - Kit óptico utilizado para a confecção do recurso didático.



Fonte: Da autora, 2025.

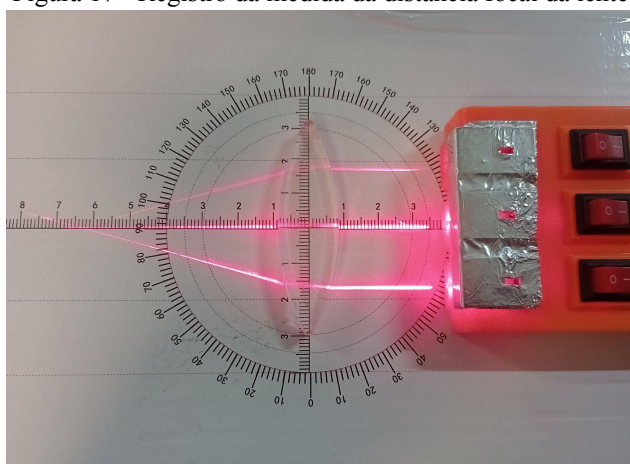
A confecção do recurso didático produzido e proposto, consistiu em três etapas para a sua execução, sendo:

- Modelagem

Para o processo de modelagem, utilizou-se o *software Tinkercad*, escolhido devido às vantagens de ser uma plataforma de fácil manipulação, *online*, gratuita, de fácil acesso sem a necessidade de fazer *download* ou instalação, além da criação da conta para utilizar a plataforma. Com essa plataforma, é possível a criação do próprio projeto de modelagem 3D, a partir de formas primitivas pré-definidas (cilindro, esfera, quadrado, cones, dentre outros). Apesar de ter recursos limitados, foi uma ferramenta que atendeu as necessidades para a modelagem do projeto.

O processo de modelagem iniciou-se primeiramente pela medição da lente convergente (biconvexa), que foi utilizada no modelo, e pela medida da distância focal da mesma. As medidas se deram utilizando uma régua que compõe o kit óptico para medir a distância focal.

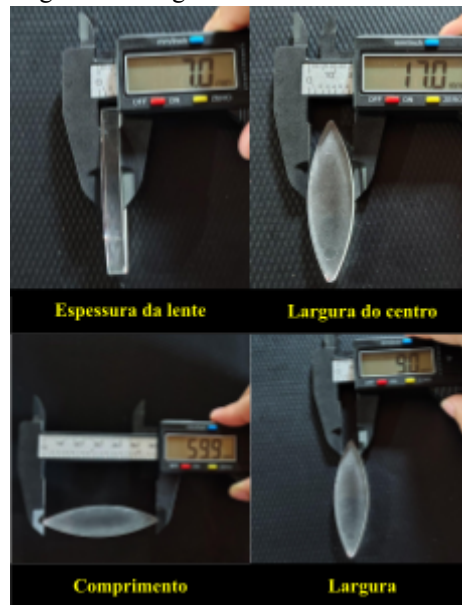
Figura 17 - Registro da medida da distância focal da lente.



Fonte: Da autora, 2025.

Após a obtenção das medidas, deu-se início ao processo de modelagem, utilizando essas medidas como referência. Para a modelagem do orifício de encaixe da lente, foram consideradas as dimensões de espessura, que é uma medida fornecida pelo próprio kit de lentes. Já as medidas do comprimento e largura da lente, foram realizadas utilizando um paquímetro, conforme a Figura 18:

Figura 18 - Registro das medidas da lente.



Fonte: Da autora, 2025.

Para o diâmetro interno do globo ocular modelado, utilizou-se a distância focal da lente, medida a partir do centro da lente. Após algumas modificações, o modelo definitivo atendeu às expectativas.

As medidas dos modelos de olho humano foram definidas a partir dos parâmetros das medidas da lente e distância focal, a entrada do feixe de luz se deu a partir da medida da parte que é emitido o feixe de luz do *laser* utilizado.

Figura 19 - Registro da medida do *laser*.

Fonte: Da autora, 2025.

Os encaixes modelados foram realizados para o assentamento de um acetato oriundo da pasta canaleta sobreposto no modelo para verificar os feixes de luz incididos na lente.

O mesmo processo de modelagem foi realizado nos outros modelos de miopia e hipermetropia, modificando o globo com a deformação característica desses defeitos. Para miopia, o globo ocular foi alongado, assim representando visualmente o defeito de miopia.

Considerando que a deformação ocorre apenas no globo ocular, as demais medidas não foram alteradas, logo seguem com as mesmas medidas da modelagem do olho humano saudável, alterando apenas a medida do diâmetro do globo interno e externo devido ao alongamento do globo ocular, que é a característica do defeito de miopia.

A modelagem do olho hipermetrópe seguiu pelo encurtamento do diâmetro interno e externo, e conservou os valores de medidas já realizadas para o encaixe da lente, feixe de luz do *laser* e o acetato.

Com o objetivo de estabilizar os modelos para alinhar com os feixes de luz do *laser*, foi modelado o suporte. Cada suporte modelado foi confeccionado para cada um dos modelos de olho humano 3D.

Todos os suportes foram projetados para atender a essa função, fazendo com que a altura da entrada do feixe de luz ficasse à 4,0 cm em relação à superfície de montagem do modelo, logo sendo necessário a confecção de um suporte para o *laser* para ser colocado nessa altura para o alinhamento com a entrada de luz do olho. A modelagem do suporte do *laser* foi realizada a partir das dimensões do mesmo.

Após o processo de modelagem, os arquivos foram exportados em formato STL para o processo de configuração de peças para impressão.

- Impressão 3D

Após o processo de modelagem, foi utilizado o *software Ultimaker Cura* em versão gratuita para o processo de preparação de cada peça modelada, chamado de fatiamento. Esse *software* foi escolhido devido às vantagens de possuir uma interface simples e intuitiva que facilita o processo de configurações de modelagem 3D, o que é uma grande vantagem para pessoas iniciantes, além de permitir a pré-visualização da peça e tempo estimado de impressão e o *software* auxilia o uso de suportes necessários para garantir a integridade da peça impressa.

O processo de impressão teve início a partir da preparação da peça no *software Ultimaker Cura*, onde foram configurados os parâmetros de impressão, e posição da peça. O Quadro 2 apresenta as configurações dos suportes e dos modelos de olho humano para o processo de impressão:

Quadro 2 - Configurações utilizadas para impressão dos modelos dos suportes e do olho humano 3D.

<b>Parâmetro</b>	<b>Configuração</b>
Temperatura da impressão	235°C
Temperatura da mesa	100°C
Preenchimento	Densidade de 10% (padrão Tri-Hexágono)
Velocidade de impressão	80 mm/s
Ventoinha (refrigeração)	100%
Aderência	Brim
Suporte de impressão	Ativado (estrutura normal tocando a mesa)
Posição da peça	Parte côncava para baixo na mesa de impressão

Fonte: Da autora, 2025

Essas configurações foram utilizadas para a impressão de todos os modelos do olho humano e para os suportes modelados. Vale ressaltar que a temperatura utilizada foi adotada devido ao parâmetro do filamento ABS determinado pelo fabricante.

A impressão do suporte do *laser* foi realizado a partir das configurações apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3 - Configurações utilizadas para os modelos do suporte do *laser*.

<b>Parâmetros</b>	<b>Configurações</b>
Temperatura da impressão	230°C
Temperatura da mesa	90°C
Preenchimento	Densidade de 20% (padrão Tri-Hexágono)
Velocidade de impressão	80 mm/s
Ventoinha (refrigeração)	100%
Aderência	Raft
Suporte de impressão	Desativado

Fonte: Da autora, 2025.

Partindo da conclusão do processo de configuração, os arquivos foram transferidos para um cartão SD para inserir na impressora e dar início às impressões das peças.

- Montagem

Após a impressão das peças, foi realizada a montagem para o teste de funcionamento do experimento. Para montar, é necessário que leia o manual de instruções, e de acordo com o manual cada modelo de olho confeccionado necessita de um acetato para encaixar sobreposto. O acetato utilizado foi recortado de uma pasta de canaleta, que se encontra em papelarias e armarinhos. Para o recorte utilizou-se uma tesoura. O molde foi feito através do scanner de uma impressora Epson L3250 e para o escaneamento, os modelos 3D do olho já impressos foram colocados com a parte côncava para baixo e foi impresso em uma folha de papel A4, e com isso recortada a parte do molde.

Após inserir o acetato nos modelos, é colocada a lente no modelo do olho que iria ser testado, já que a lente utilizada foi a mesma para todos os modelos. Após isso, o modelo é colocado no seu respectivo suporte e alinhado com o *laser* que também deve ser colocado no suporte, para ficar na mesma altura do modelo que será testado. Após o ajuste de alinhamento, já é possível observar o funcionamento do experimento simulando o olho humano saudável e com defeito.

### **3.2 Metodologia para a avaliação do recurso didático proposto**

Para avaliação do recurso didático, foi adotado o método de pesquisa *survey* para a coleta de dados quantitativos, a investigação teve a participação voluntária e anônima de 8 professores de Física. O método avaliativo foi realizado em duas etapas, a primeira etapa consistiu no manuseio do recurso didático apresentado, juntamente com a avaliação do manual de instruções, e a segunda etapa foi compartilhado um formulário no Google Forms para que os professores pudessem fazer a avaliação do trabalho de forma anônima.

A avaliação realizada foi feita através de agendamento com cada professor voluntário e com a disponibilidade de horário de cada um, os encontros foram realizados de forma presencial no local da escola de atuação do professor. O formulário de avaliação foi composto por 28 perguntas, e foi dividido em duas seções: a primeira seção consistiu na identificação do perfil do professor voluntário, a mesma era composta por 15 perguntas, a segunda seção foi composta por 13 perguntas com o objetivo de avaliar o recurso didático e o material complementar.

A abordagem avaliativa ficou organizada seguindo a ordem do manuseio, onde os professores interagiram com o recurso didático, fazendo a montagem e teste seguindo as orientações do manual de instruções, após este momento realizavam o preenchimento no

formulário para avaliar, e colocar sugestões para contribuir com melhorias para uma nova versão do recurso didático proposto e o material complementar (apêndice 1 e 2).

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

O presente tópico apresenta os resultados e discussões do trabalho organizados em dois subtópicos. O subtópico 5.1 trata dos resultados e discussões do processo de confecção do recurso didático proposto de forma detalhada com os problemas e soluções para a finalização da confecção. Já o subtópico 5.2 apresenta os resultados e discussões acerca da avaliação realizada com professores de Física, incluindo suas contribuições e sugestões em relação ao trabalho finalizado.

### 4.1 Processo de confecção do recurso didático

Para o olho humano sem defeito (saudável), foram efetuadas quatro tentativas, para que chegasse ao resultado esperado. No primeiro teste de impressão, houve problemas na parte do orifício projetado para o encaixe da lente biconvexa, que possui a função de fazer a simulação do cristalino do olho humano.

Na execução da modelagem, foram colocadas as medidas reais da lente biconvexa para o encaixe no protótipo, porém no momento da impressão houve a redução do encaixe. Com isso, foram levantadas as duas hipóteses a seguir: o processo de configuração para impressão da peça pode ter modificado as dimensões do orifício modelado no *Tinkercad*. Já a segunda hipótese foi devido a temperatura ambiente após a impressão, pois a máquina trabalha com alta temperatura durante a impressão da peça, então após a peça chegar ao equilíbrio térmico com a temperatura ambiente, isso pode ter ocasionado uma redução no orifício de encaixe. A Figura 20 apresenta o primeiro teste:

Figura 20 - Registro do primeiro modelo de olho humano sem defeito 3D impresso.



Fonte: Da autora, 2025.

O encaixe modelado estava com o comprimento de 6,0 cm, e após a impressão foi observado que esse comprimento reduziu para 5,5 cm, como resolução foi acrescentado 0,5 cm no comprimento inicial, resultando no comprimento de 6,5 cm. Vale ressaltar também que houve deformações na parte interna do modelo decorrente da ausência do suporte para impressão não inserido no momento de configuração da peça, o que impactou negativamente na qualidade da peça também.

Ao realizar o segundo teste, após as correções dos problemas da primeira versão, obteve-se resultados positivos. O encaixe para a lente biconvexa ficou na medida ideal, e a utilização do suporte para impressão da peça garantiu a integridade da peça para um melhor acabamento.

No Quadro 4 são apresentadas as medidas consideradas para o encaixe da lente na modelagem para solucionar o problema do orifício de encaixe.

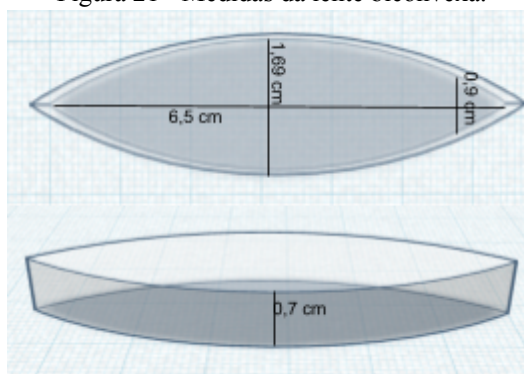
Quadro 4 - Medidas da lente para modelagem.

<b>Lente Biconvexa</b>	<b>Medidas (cm)</b>
Distância focal	6,4 cm
Largura das pontas da lente	0,9 cm
Espessura	0,7 cm
Comprimento	6,5 cm
Largura do centro da lente	1,69 cm

Fonte: Da autora, 2025.

A Figura 21 apresenta a modelagem para realizar o orifício modelado como encaixe no modelo para a lente, adotando as medições apresentada do Quadro 3:

Figura 21 - Medidas da lente biconvexa.



Fonte: Da autora, 2025.

A terceira versão do modelo foi feita para complementar com algumas modificações para o funcionamento da peça, adicionando um encaixe em cada borda para sobrepor um acetato. Após a conclusão da impressão do modelo foi observado que houve problemas durante a impressão com o alinhamento da impressora, logo os encaixes modelados ficaram com vários defeitos, inclusive o encaixe da lente que já havia sido resolvido na versão anterior.

Após corrigir o alinhamento da impressora, foi utilizado o mesmo arquivo anterior sem nenhuma modificação e obteve-se resultados positivos para a continuidade do projeto. A Figura 22 apresenta o resultado da impressão do modelo:

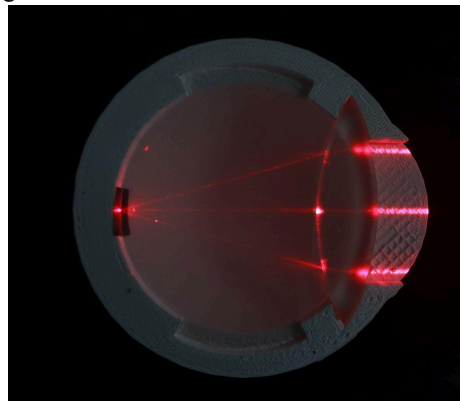
Figura 22 - Resultado da impressão do modelo 3D do olho humano sem defeito.



Fonte: Da autora, 2025.

A Figura 23 apresenta o resultado do teste do funcionamento do modelo 3D olho humano saudável com o laser incidindo os feixes de luz:

Figura 23 - Registro do teste do modelo 3D do olho humano sem defeito.

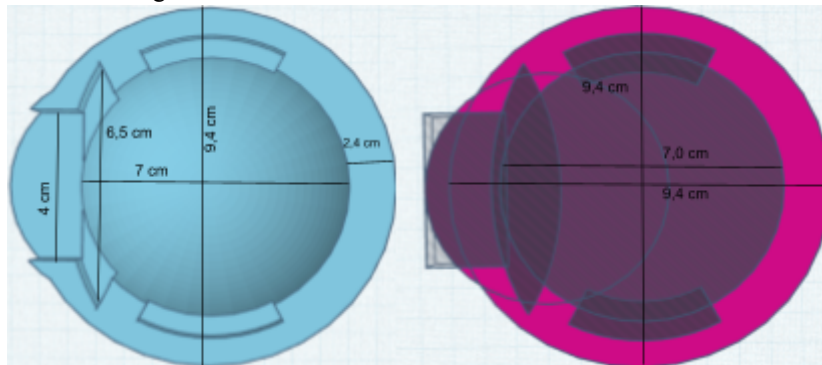


Fonte: Da autora, 2025.

No registro apresentado, é possível observar o trajeto da luz emitido pelo laser. Para melhoria da qualidade da foto foi colocado um pequeno quadrado com 0,7 milímetro de aresta recortado de papel cartão na cor preta para observar melhor o ponto de foco sobre a retina. A partir deste resultado verificou-se que a proposta obteve resultados satisfatórios, culminando em um experimento prático e funcional, que pode ser utilizado como método didático para a demonstração do funcionamento da lente convergente, e como ocorre o processo do funcionamento da visão a partir da demonstração de um olho humano sem defeito.

A Figura 24 apresenta o resultado definitivo da modelagem do modelos 3D do olho humano saudável:

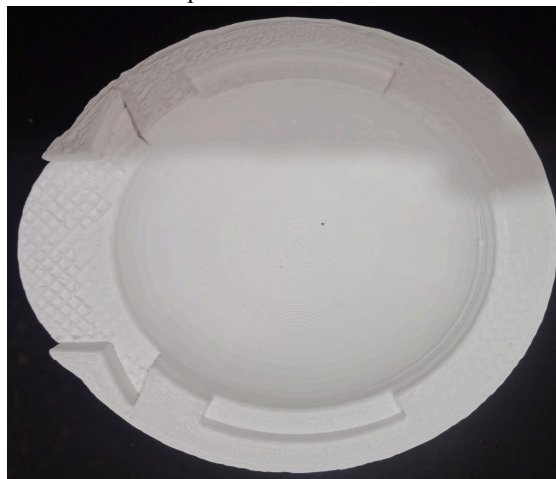
Figura 24 - Modelagem com as medidas do modelo definitivo do olho humano saudável.



Fonte: Da autora, 2025.

Finalizando o processo de impressão do olho saudável, foi realizada a impressão do olho míope. Após o processo de impressão deste modelo, obteve-se excelentes resultados, conforme o registro na Figura 25:

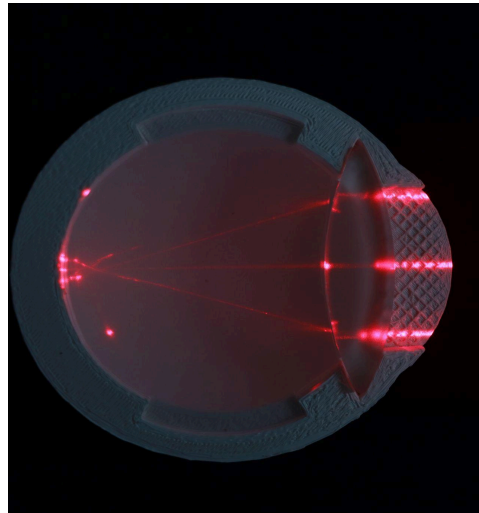
Figura 25 - Resultado da impressão do modelo 3D do olho humano míope.



Fonte: Da autora, 2025.

A Figura 26 apresenta o registro fotográfico do funcionamento do modelo do olho míope montado com o acetato, e a incidência da luz através do laser:

Figura 26 - Registro do teste de funcionamento modelo 3D do olho humano míope.

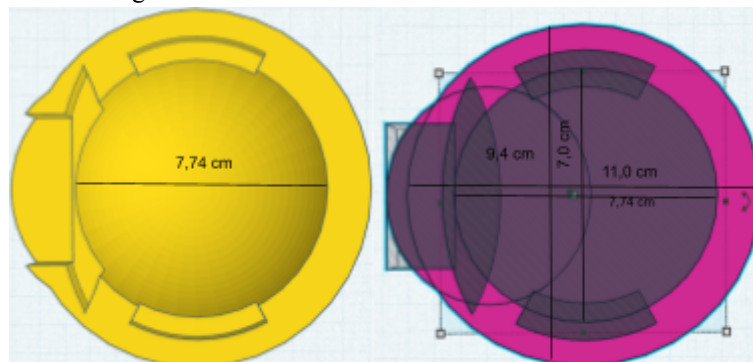


Fonte: Da autora, 2025.

No registro apresentado na Figura 25, é possível observar o trajeto da luz emitido pelo laser passando pela lente convergente. Conforme o esperado, o ponto focal encontra-se antes da borda interna do globo, para fazer a demonstração do defeito de miopia relacionando com o alongamento do globo ocular, simulando a formação da imagem antes da retina.

A Figura 27 apresenta o resultado definitivo da modelagem dos modelos 3D do olho humano míope:

Figura 27 - Modelagem com as medidas do modelo definitivo do olho humano míope.



Fonte: Da autora, 2025.

Ao finalizar e obter os resultados satisfatórios do modelo de simulação do olho humano míope, foi realizada a impressão do olho hipermetrope, após o processo de impressão deste modelo, obteve-se excelentes resultados, conforme o registro na Figura 28:

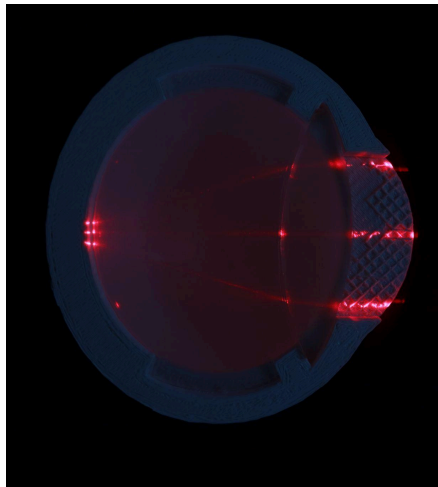
Figura 28 - Registro do modelo 3D do olho com hipermetropia impresso.



Fonte: Da autora, 2025.

A Figura 29 apresenta o registro fotográfico do funcionamento do modelo do olho hipermetrope montado com o acetato e a incidência da luz através do laser:

Figura 29 - Registro do teste do funcionamento do modelo 3D do olho com hipermetropia.

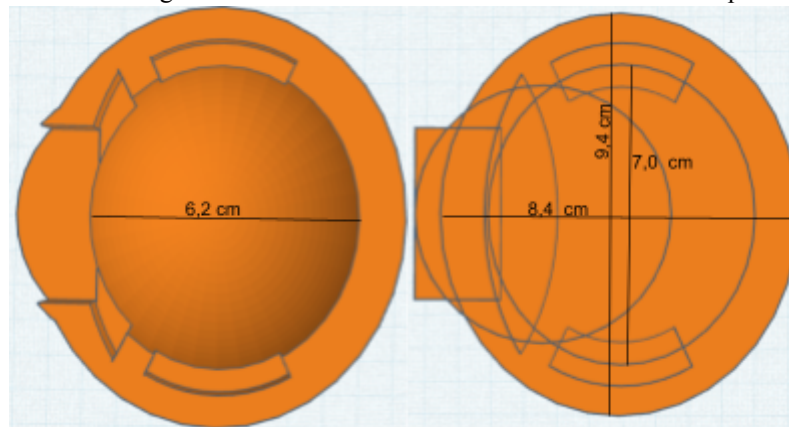


Fonte: Da autora, 2025.

Pode-se observar no registro fotográfico a trajetória da luz partindo do centro na lente e passando pela borda interna onde representa a retina, não apresentando o ponto focal, com isso demonstrando o defeito da visão com hipermetropia, que causa a projeção da imagem após a camada da retina.

A Figura 30 apresenta a modelagem definitiva do olho com hipermetropia e as medidas utilizadas para obter o resultado da Figura 29:

Figura 30 - Modelagem com as medidas do modelo definitivo do olho hipermetrope.



Fonte: Da autora, 2025.

Após a finalização das impressões dos modelos 3D do olho humano (sem defeito, míope, e hipermetrope), se deu início às impressões dos suportes para os modelos de olho humano 3D. O processo de impressão aplicado foi o mesmo, com o fatiamento utilizando a mesma configuração para a impressão dos modelos do olho humano e, em seguida, a impressão da peça. A Figura 31 apresenta o registro fotográfico da impressão dos três suportes:

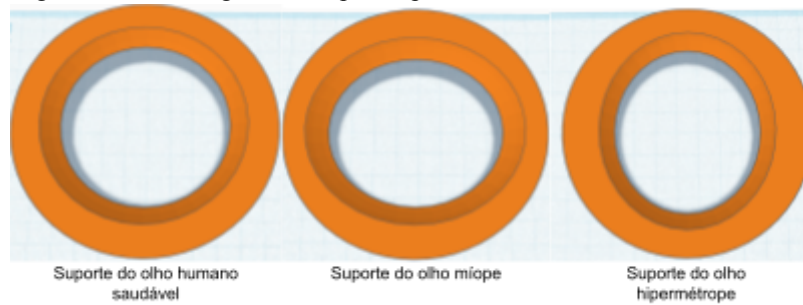
Figura 31 - Registro dos suportes para os modelos 3D do olho humano impressos.



Fonte: Da autora, 2025.

Os suportes foram modelados de modo que acomodasse os modelos, para isso o suporte ficou em formato de anel, com uma altura de 2,5 cm para que o modelo ficasse suspenso. A Figura 32 ilustra a modelagem dos suportes definitivos, e todos com 10,0 cm de diâmetro externo.

Figura 32 - Modelagem dos suportes para os modelos de olho humano 3D.



Fonte: Da autora, 2025.

Após o resultado da impressão dos suportes para os modelos de olho humano 3D impresso, foi impresso o suporte para o *laser*. No primeiro teste de impressão houve algumas complicações com o alinhamento da impressora utilizada, logo isso atrasou o resultado da impressão do suporte em 10 dias. Após várias tentativas, foi realizada a primeira impressão do suporte do laser, com o tempo de 8h e 22 min. A Figura 33 apresenta registro fotográfico da primeira versão do suporte impresso.

Figura 33 - Registro da primeira versão do suporte do *laser*.



Fonte: Da autora, 2025.

O resultado da impressão foi insatisfatório, pois a medida impressa foi alterada, ficando menor do que foi estabelecida na modelagem, e a base do suporte ficou desnivelada, por este motivo foi necessário ajustar a modelagem adicionando 0,5 cm à largura do suporte, contabilizando a largura de 6,7 cm. Além disso, foi realizada uma modificação na parte frontal do suporte, com a remoção das abas da frente, e também uma parede da parte inferior do suporte, para evitar qualquer erro recorrente na impressão, e consequentemente

favorecendo a diminuição do tempo de impressão para 5 horas e 30 minutos. A Figura 34 apresenta o registro fotográfico da segunda versão do suporte impresso:

Figura 34 - Registro da segunda versão do suporte do *laser*.



Fonte: Da autora, 2025.

Como evidenciado no registro fotográfico, o resultado da segunda impressão foi satisfatório. Para corrigir o problema do desnível da base, a peça foi rotacionada em 90° em relação a posição das impressões anteriores, o que dispensou o uso do suporte de fatiamento, também garantiu o alinhamento adequado para a base, conforme o esperado.

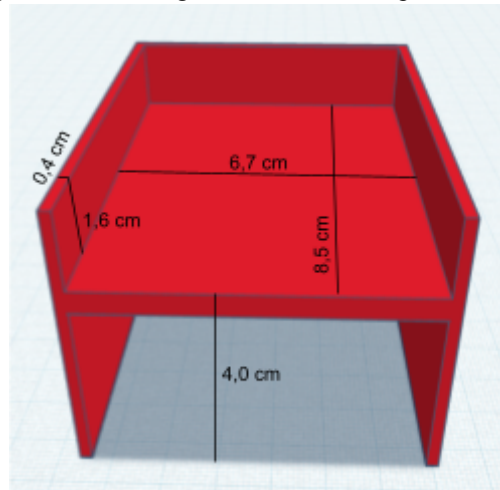
O Quadro 5 apresenta as medidas consideradas do laser para a modelagem do suporte definitivo.

Quadro 5 - Medidas do laser para modelagem.

<i>Laser</i>	<b>Medidas (cm)</b>
Largura	6,7 cm
Espessura	1,6 cm
Comprimento	8,5 cm

Fonte: Da autora, 2025.

A figura 35 apresenta a modelagem do suporte definitivo do laser e medidas conforme o Quadro 5:

Figura 35 - Modelagem e medidas do suporte do *laser*.

Fonte: Da autora, 2025.

Todas as peças impressas tiveram tempo estimado pelo *software* utilizado para configuração, logo foi observado que a previsão estabelecida pelo *software* são bastante precisas, pois as peças foram concluídas com variações de apenas 3 ou 4 minutos para mais ou para menos. Cada modelo impresso depende das características de tamanho e parâmetros adotados na configuração para a impressão, o Quadro 6 apresenta o tempo estimado pelo *software* e tempo real de impressão de cada peça.

Quadro 6 - Tempo de impressão das peças confeccionadas.

Peças confeccionadas	Tempo estimado de impressão	Tempo de impressão
Modelo de olho humano emétrepe	7h e 11min	7h e 9 min
Modelo de olho humano míope	8h e 34 min	8h e 38 min
Modelo de olho humano hipermetrópe	7h e 15 min	7h e 13 min
Suporte para o modelo do olho emétrepe	5h e 11 min	5h e 14 min
Suporte para o modelo do olho míope	5h e 14 min	5h e 11 min
Suporte para o modelo do olho hipermetrópe	5h e 12 min	5h e 10 min
Suporte do <i>laser</i>	5h e 33 min	5h e 30 min

Fonte: Da autora, 2025.

O Quadro 7 apresenta o custo financeiro de confecção de cada peça, e os demais materiais utilizados.

Quadro 7 - Custo financeiro para confecção do recurso didático.

<b>Materiais</b>	<b>Custo financeiro</b>	<b>Gastos</b>
Filamento ABS 1kg	R\$ 59,90 (valor bruto) R\$ 25,20 (Gasto utilizado)	144g suporte p/ os modelos 274g olho + suporte p/ laser
Kit óptico de lentes	R\$ 43,90	–
Pasta canaleta (acetato)	R\$ 2,00	–
<b>Total = R\$ 71,10</b>		

Fonte: Da autora, 2025.

## 4.2 Avaliação do recurso didático proposto

Este tópico aborda os resultados coletados através da avaliação de 8 professores de física por um formulário no Google Forms.

As perguntas foram divididas em duas seções, então a seção 1 foi construída para traçar o perfil de cada professor voluntário de forma individual. O formulário na seção 1 com as respostas gerais ficou organizado conforme o Quadro 8:

Quadro 8 - Seção 1 de perguntas para identificação dos professores avaliadores e as respostas dos professores de forma geral.

<b>Seção 1</b>	<b>Resultado geral</b>
Sexo	Sexo masculino: 6 professores Sexo Feminino: 2 Professoras Prefiro não declarar: 0
Faixa etária	20 - 25 anos: 1 professor 26 - 30 anos: 1 professor 31 - 35 anos: 0 36 - 40 anos: 2 professores 41 anos ou mais: 4 professores
Rede de ensino onde leciona	Rede particular: 2 professores escolheram como resposta essa opção Rede municipal: 0 Rede pública estadual: 5 professores escolheram como resposta essa opção Rede Pública Federal: 4 professores escolheram como resposta essa opção (alguns professores lecionam em mais de uma rede de ensino)
Formação inicial	Licenciatura: 7 professores Bacharelado: 0 Licenciatura e Bacharelado: 1 professor
Ano de conclusão da graduação	Resposta fornecida pelos participantes em pergunta aberta: - 1989 - 2005 - 2009 - 2011

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2013 (2 professores)</li> <li>- 2017</li> <li>- 2021</li> </ul>
Instituição que realizou a graduação	Pública: 7 professores Privada: 1 professor
Maior título de formação atual	Graduação: 1 professor Especialização: 2 professores Mestrado: 3 professores Doutorado: 0 Pós doutorado: 2 professores
Tempo que atua na área de docência	Resposta fornecida pelos participantes em pergunta aberta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 ano</li> <li>- 15 anos</li> <li>- 18 anos</li> <li>- 20 anos</li> <li>- 3 anos (2 professores)</li> <li>- 34 anos</li> <li>- 9 anos</li> </ul>
A escola que você atua, possui laboratório ou kits de experimentos para as aulas de Física?	Sim: 7 professores Não: 1 professor
Se você respondeu sim na pergunta anterior, você considera que a estrutura da escola atende às suas necessidades para aulas experimentais?	<p>A. Sim, a estrutura da escola é adequada e atende completamente às necessidades para aulas experimentais.</p> <p>B. Sim, em grande parte. A estrutura da escola é boa, mas poderia ser melhorada em alguns aspectos.</p> <p>C. Neutro. A estrutura da escola atende de maneira razoável, mas não é ideal para aulas experimentais.</p> <p>D. Não, a estrutura da escola não atende completamente às minhas necessidades para aulas experimentais.</p> <p>E. Não, a estrutura da escola é insuficiente para realizar aulas experimentais de maneira eficaz.</p> <p><b>A: 2 professores - B: 3 professores - C: 1 professor - D: 1 professor - E: 1 professor</b></p>
Você usa experimentos em suas aulas?	<p>A. Sim, uso frequentemente experimentos em minhas aulas para ilustrar conceitos e promover o aprendizado prático.</p> <p>B. Sim, a estrutura da escola é adequada e atende completamente às necessidades para aulas experimentais.</p> <p>C. Neutro. A estrutura da escola atende de maneira razoável, mas não é ideal para aulas experimentais.</p> <p>D. Não, a estrutura da escola não atende completamente às minhas necessidades para aulas experimentais.</p> <p>E. Não, a estrutura da escola é insuficiente para realizar aulas experimentais de maneira eficaz.</p> <p><b>A: 1 professor - B: 5 professores - C: 1 professor - D: 1 professor - E: 0 professores</b></p>
Você realiza aulas interdisciplinares?	<p>A. Sim, realizo aulas interdisciplinares com frequência, integrando diferentes áreas do conhecimento.</p> <p>B. Sim, realizo aulas interdisciplinares, mas de forma esporádica.</p> <p>C. Não, mas gostaria de começar a realizar aulas interdisciplinares.</p> <p>D. Não, não realizo aulas interdisciplinares em minha prática pedagógica.</p>

	<p>E. Não, não vejo a necessidade de realizar aulas interdisciplinares.</p> <p><b>A: 1 professor - B: 4 professores - C: 3 professores - D: 0 professores - E: 0 professores</b></p>
Das opções abaixo, qual melhor descreve o seu nível de conhecimento em modelagem 3D?	<p>A. Nunca tive contato com modelagem 3D.</p> <p>B. Tenho conhecimento básico, mas nunca utilizei softwares de modelagem 3D.</p> <p>C. Já utilizei softwares de modelagem 3D,mas de forma esporádica e sem aprofundamento.</p> <p>D. Tenho experiência intermediária e consigo modelar objetos simples.</p> <p>E. Tenho experiência avançada e consigo criar modelos complexos para diferentes aplicações.</p> <p><b>A: 5 professores - B: 1 professor - C: 2 professores - D: 0 professores - E: 0 professores</b></p>
Caso tenha respondido OUTROS na questão anterior, descreva aqui o seu nível de conhecimento em modelagem 3D.	Pergunta aberta <b>(sem respostas)</b>
Na escola que você atua como docente, você possui acesso a impressora 3D?	<p>A. Sim, a escola possui impressora 3D e eu tenho acesso para utilizá-la livremente.</p> <p>B. Sim, a escola possui impressora 3D,mas meu acesso é restrito ou limitado.</p> <p>C. Não, a escola possui impressora 3D,mas eu não tenho acesso a ela.</p> <p>D. Não, a escola não possui impressora 3D.</p> <p><b>A: 1 professor - B: 2 professores - C: 1 professor - D: 4 professores</b></p>

Fonte: Da autora, 2025

O Quadro 9 apresenta as perguntas e as respostas coletadas de forma individual de cada professor avaliador:

Quadro 9 - Resultado individual da seção 1 do formulário aplicado.

Perguntas	Professor A	Professor B	Professor C	Professor D
1.	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
2.	41 anos ou mais.	36 - 40 anos	41 anos ou mais.	26 - 30 anos.
3.	Rede pública estadual, Rede pública federal	Rede pública federal	Rede pública estadual	Rede particular, Rede pública federal
4.	Licenciatura e bacharelado.	Licenciatura.	Licenciatura	Licenciatura.
5.	1989	2011	2013	2017
6.	Pública.	Pública.	Privada.	Pública.
7.	Mestrado.	Pós doutorado.	Mestrado.	Mestrado.

8.	34 anos	3 anos	11 anos	9 anos
9.	Sim.	Sim.	Sim.	Sim.
10.	Sim, a estrutura da escola é adequada e atende completamente às necessidades para aulas experimentais.	Sim, em grande parte. A estrutura da escola é boa, mas poderia ser melhorada em alguns aspectos.	Sim, em grande parte. A estrutura da escola é boa, mas poderia ser melhorada em alguns aspectos.	Sim, em grande parte. A estrutura da escola é boa, mas poderia ser melhorada em alguns aspectos.
11.	Não, não costumo usar experimentos em minhas aulas.	Sim, uso de vez em quando, quando acho que o experimento pode agregar ao conteúdo.	Sim, uso de vez em quando, quando acho que o experimento pode agregar ao conteúdo.	Sim, uso de vez em quando, quando acho que o experimento pode agregar ao conteúdo.
12.	Não, mas gostaria de começar a realizar aulas interdisciplinares.	Sim, realizo aulas interdisciplinares, mas de forma esporádica.	Sim, realizo aulas interdisciplinares, mas de forma esporádica.	Sim, realizo aulas interdisciplinares, mas de forma esporádica.
13.	Nunca tive contato com modelagem 3D.	Nunca tive contato com modelagem 3D.	Já utilizei softwares de modelagem 3D, mas de forma esporádica e sem aprofundamento.	Nunca tive contato com modelagem 3D.
14.	—	—	—	—
15.	Sim, a escola possui impressora 3D, mas meu acesso é restrito ou limitado.	Sim, a escola possui impressora 3D, mas meu acesso é restrito ou limitado.	Não, a escola não possui impressora 3D.	Não, a escola possui impressora 3D, mas eu não tenho acesso a ela.
Perguntas	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
1.	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
2.	36 - 40 anos	20 - 25 anos.	41 anos ou mais.	41 anos ou mais.
3.	Rede pública federal	Rede particular, Rede pública estadual	Rede pública estadual	Rede pública estadual
4.	Licenciatura.	Licenciatura.	Licenciatura.	Licenciatura.
5.	2009	2021	2013	2005
6.	Pública.	Pública.	Pública.	Pública.
7.	Pós doutorado.	Graduação.	Especialização.	Especialização
8.	15 anos	3 anos	18 anos	20 anos
9.	Sim.	Sim.	Não.	Sim.
10.	Sim, a estrutura da	Não, a estrutura da	Não, a estrutura da	Neutro. A estrutura

	escola é adequada e atende completamente às necessidades para aulas experimentais.	escola não atende completamente às minhas necessidades para aulas experimentais.	escola é insuficiente para realizar aulas experimentais de maneira eficaz.	da escola atende de maneira razoável, mas não é ideal para aulas experimentais.
11.	Sim, uso de vez em quando, quando acho que o experimento pode agregar ao conteúdo.	Não, mas gostaria de começar a usar mais experimentos nas minhas aulas.	Sim, uso frequentemente experimentos em minhas aulas para ilustrar conceitos e promover o aprendizado prático.	Sim, uso de vez em quando, quando acho que o experimento pode agregar ao conteúdo.
12.	Sim, realizo aulas interdisciplinares com frequência, integrando diferentes áreas do conhecimento.	Sim, realizo aulas interdisciplinares, mas de forma esporádica.	Não, mas gostaria de começar a realizar aulas interdisciplinares.	Não, mas gostaria de começar a realizar aulas interdisciplinares.
13.	Já utilizei softwares de modelagem 3D, mas de forma esporádica e sem aprofundamento.	Nunca tive contato com modelagem 3D.	Tenho conhecimento básico, mas nunca utilizei softwares de modelagem 3D.	Nunca tive contato com modelagem 3D.
14.	—	—	—	—
15.	Sim, a escola possui impressora 3D e eu tenho acesso para utilizá-la livremente.	Não, a escola não possui impressora 3D.	Não, a escola não possui impressora 3D.	Não, a escola não possui impressora 3D.

Fonte: Da autora, 2025.

Com base nos resultados apresentados nos Quadros 8 e 9, foi possível realizar uma análise detalhada para identificar o perfil dos professores avaliadores em relação às suas metodologias de ensino, especificamente ao contexto de suas aulas práticas e interdisciplinares.

Nesta análise, foi possível identificar que 7 dos professores responderam que a escola onde atuam possui laboratórios e kits experimentais, porém apenas 2 professores responderam que a estrutura da escola é adequada e atende às suas necessidades para as aulas, enquanto 3 professores responderam que são necessárias melhorias em alguns aspectos, e os outros 2 professores responderam que a escola não atende de forma alguma à necessidade para as aulas experimentais.

Em relação ao uso de experimentos em aulas, com base nas respostas dos professores, foi percebido que apenas 1 professor utiliza experimentos com frequência em suas aulas, enquanto 5 professores usam de vez em quando, 2 professores responderam que não usam,

porém 1 professor desses dois respondeu que gostaria de começar a usar mais experimentos em suas aulas.

Essa problemática da falta de laboratórios nas escolas, ou falta de estrutura que corresponda às necessidades do professor, ocorre devido à falta de investimentos nas escolas, principalmente escolas públicas. Segundo Freitas, Teixeira (2021, p. 30), o uso de laboratórios e kits experimentais em aulas de Física são cada vez mais esporádicas, devido à falta de materiais, laboratórios nas escolas, tempo insuficiente de carga horária, ou até mesmo o desinteresse de planejamento dos professores para a realização dessas aulas.

Sobre a utilização de interdisciplinaridade nas aulas dos professores de Física, foi observado o seguinte resultado, apenas 1 professor utiliza interdisciplinaridade com frequência em suas aulas, enquanto 4 professores, realizam aulas interdisciplinares de forma esporádica, e os outros 3 professores não realizam, mas gostariam de começar.

O uso de interdisciplinaridade no ambiente escolar ocorre muitas vezes pela falta de conhecimento dos docentes em conseguir relacionar e contextualizar a Física com distintas áreas do conhecimento que podem ampliar e facilitar a compreensão do discente. De acordo com Benedito *et al.* (2022, p. 3), os conteúdos ministrados de forma isolada, sem contextualizar, ou evidenciar ao cotidiano, podem os tornar entediantes e complexos, sem despertar o interesse e muitas vezes o fazem enxergar a Física, como uma ciência voltada à aplicação de fórmulas matemáticas.

Como a ferramenta principal é a impressão 3D, foram realizadas as perguntas sobre o acesso dos professores em impressão 3D e nível de conhecimento sobre o assunto. Com isso foi percebido que 5 dos professores responderam que nunca tiveram contato com modelagem, e 3 possuem conhecimento básico em modelagem e já utilizaram *software* de modelagem.

Em seguida, foi questionado se a escola onde os professores atuam tem impressora 3D e o nível de acesso a essa tecnologia para fins didáticos, em relação a isso, 4 professores responderam que a escola não possui impressora 3D, e 4 professores responderam que a escola possui, mas apenas 1 respondeu que tem acesso livre à máquina, 2 professores responderam que o seu acesso restrito, e 1 professor respondeu que não tem acesso algum à impressora 3D da escola.

A utilização de impressoras 3D ainda é pouco explorada por docentes, pois o uso desta tecnologia exige tempo para capacitação e conhecimento para manipulação da impressora e *softwares* de modelagem e impressão. Segundo Peres, Jesus (2021, p. 3), a utilização de metodologias inovadoras no ensino requer qualificação dos docentes e aculturação no meio

educacional, ou seja, é necessário que os professores possuam aprimoramento de formação continuada relacionada ao uso de tecnologias no ensino.

Como observado nos resultados do formulário aplicado, foi percebido que metade do grupo dos professores afirma que a escola onde atuam como docentes, não possui impressora 3D, e isso ocorre devido à falta de investimentos nas escolas, e ao alto custo da tecnologia. Além disso, muitos professores têm a percepção de que o uso de tecnologias desta forma, demanda tempo, e muito planejamento, por atuarem em diversas turmas e possuírem o tempo de carga horária extensa, acabam optando por métodos tradicionais que já estão habituados.

Na seção 2 do formulário, foram elaboradas perguntas referentes ao recurso didático proposto com material complementar, para serem avaliadas. O formulário na seção 2 ficou organizado com perguntas abertas e fechadas. Para essa seção, será feita a análise e discussão no decorrer do texto com base nas respostas dos avaliadores.

**Pergunta 1 (seção 2):** Você considera que o recurso apresentado pode ser útil para o ensino de Física no que diz respeito aos conceitos de óptica da visão? Justifique sua resposta. O Quadro 10 apresenta as respostas da pergunta 1 da seção 2.

Quadro 10 - Respostas dos professores à pergunta 1 da seção 2.

<p>Professor A: “considero o recurso interessante e um grande facilitador do processo ensino aprendizagem”</p> <p>Professor B: “sim, pois é uma proposta experimental que pode auxiliar os alunos a compreender melhor os conceitos físicos de Óptica, e verificar os diferentes defeitos da visão através do experimento”.</p> <p>Professor C: “sim, podem ser demonstrados vários fenômenos físicos e como são os defeitos da visão”.</p> <p>Professor D: “sim, o experimento pode ser útil para o ensino de Física no que diz respeito aos conceitos de óptica da visão”.</p> <p>Professor E: “ Sim. Tem fundamento e pode ser usado.”</p> <p>Professor F: “Sim. O experimento é excelente e retrata os aspectos da óptica da visão de forma satisfatória e lúdica, com materiais de qualidade”.</p> <p>Professor G: “Sim, com o material facilita pro aluno visualizar o ponto de foco de encontro do feixe de luz.”</p> <p>Professor H: “Sim, pois é possível com ele abordar de forma prática os principais tópicos que devem ser abordados para se ensinar a óptica da visão”.</p>
---

Fonte: Da autora, 2025.

Com as respostas dos professores avaliadores, indicam que compreenderam a proposta do trabalho e todos concordam que o kit apresentado tem potencial para ser utilizado como ferramenta para o ensino de óptica da visão, e além disso, destacam que, por se tratar de um experimento demonstrativo, pode facilitar o aprendizado dos conteúdos de Óptica.

O Quadro 11 apresenta a pergunta 2 da seção 2:

Quadro 11 - Pergunta 2 da seção 2.

**Pergunta 2:** Você concorda que a tecnologia de impressão 3D pode ser útil para confecção de novos recursos didáticos?

- A. Concordo totalmente. A impressão 3D é uma ferramenta inovadora e muito útil para criar novos recursos didáticos.
- B. Concordo. Acredito que a tecnologia pode contribuir para o ensino, mas depende de como for aplicada.
- C. Neutro. Vejo potencial na impressão 3D, mas não tenho opinião formada sobre sua aplicabilidade na educação.
- D. Discordo. Não acho que a impressão 3D seja essencial para a criação de recursos didáticos.
- E. Discordo totalmente. Acredito que outras metodologias são mais eficazes do que o uso da impressão 3D na educação.

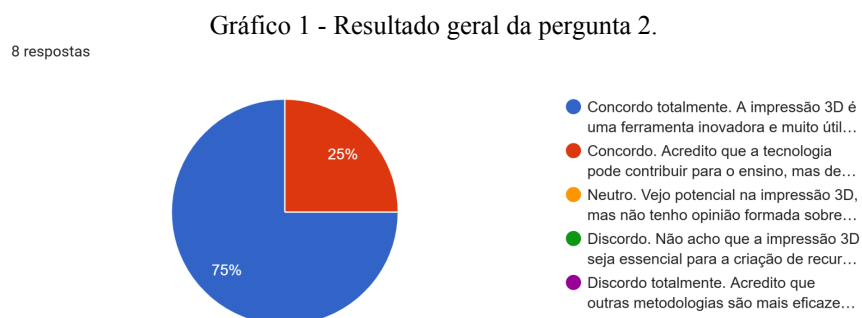
Fonte: Da autora, 2025.

O Quadro 12 apresenta as respostas individuais das alternativas que foi marcada por cada participante referente à pergunta 2.

Quadro 12 - Resposta individual dos professores à pergunta 2.

Professor A	Professor B	Professor C	Professor D	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
A.	B.	A.	A.	B.	A.	A.	A.

O Gráfico 1 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 2.



Fonte: Da autora, 2025.

A pergunta 2 teve como resultado que 6 avaliadores, concordam totalmente que a tecnologia de impressão 3D pode ser útil para a confecção de novos recursos didáticos, e 2 avaliadores que concordaram de forma parcial, pois afirmam que sua utilidade para produção

de novos recursos didáticos depende de como for aplicado. Isso indica que todos os professores concordam com a eficácia da impressão 3D para confeccionar novos recursos didáticos, porém somente a impressora 3D não garante que será totalmente eficaz se não houver planejamento adequado para que os recursos produzidos contribuam para a aprendizagem. Com isso, vale ressaltar que a criatividade e planejamento para a construção de experimentos didáticos são extremamente importantes.

De acordo com Santos *et al* (2024, p. 337), os autores afirmam que a impressão 3D utilizada como uma ferramenta aditiva pelos educadores para confeccionar experimentos para aprimorar suas aulas, pode diminuir os problemas enfrentados pela falta de equipamentos didáticos.

O Quadro 13 apresenta a pergunta 3 da seção 2:

Quadro 13 - Pergunta 3 da seção 2.

**Pergunta 3:** Na sua opinião, o recurso apresentado possui características para ser usado em uma abordagem interdisciplinar de Física e Biologia?

- A. Sim, totalmente. O recurso integra conceitos de Física e Biologia de forma clara e aplicável.
- B. Sim, em parte. Vejo potencial para uma abordagem interdisciplinar, mas alguns aspectos poderiam ser melhor desenvolvidos.
- C. Neutro. Não tenho uma opinião formada sobre a interdisciplinaridade do recurso.
- D. Não, acho que o recurso se encaixa melhor apenas no ensino de Física.
- E. Não, acho que o recurso se encaixa melhor apenas no ensino de Biologia.
- F. Não, não vejo relação interdisciplinar relevante entre Física e Biologia no recurso apresentado.

Fonte: Da autora, 2025.

O Quadro 14 apresenta as respostas individuais das alternativas que foi marcada por cada participante referente à pergunta 3.

Quadro 14 - Resposta individual dos professores à pergunta 3.

Professor A	Professor B	Professor C	Professor D	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
A.	A.	A.	B.	B.	A.	A.	A.

Fonte: Da autora, 2025.

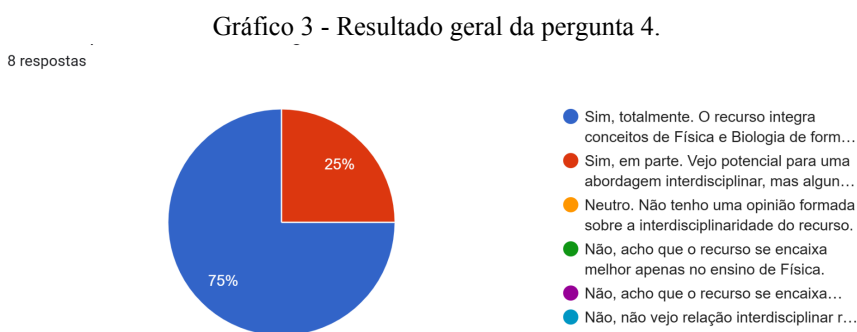
O Gráfico 2 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 3.



A.	B.	A.	A.	B.	A.	A.	A.
----	----	----	----	----	----	----	----

Fonte: Da autora, 2025.

O Gráfico 3 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 4.



Fonte: Da autora, 2025.

Na pergunta 4, de modo geral, 6 professores consideram que o recurso também se relaciona com a saúde ocular e pode proporcionar uma melhor compreensão dos defeitos da visão, enquanto 2 professores consideram isso parcialmente. Isso indica que a maioria reconhece que o recurso pode proporcionar essa conexão, porém 2 dos professores veem a necessidade de ajustes e complementação para melhorar essa relação.

As respostas dos professores B e E podem estar relacionadas à limitação do recurso didático, por não possuir a demonstração da correção dos defeitos da visão. A limitação do recurso é reconhecida, e a demonstração da correção dos defeitos foi uma proposta analisada e testada, porém foi descartada devido ao kit de lentes utilizado não possuir lentes que fossem adequadas para a correção dos defeitos do modelo, as lentes divergentes e convergentes do kit não atenderam às expectativas de correção de forma adequada para o modelo.

O problema se deu devido ao raio de curvatura da lente corretiva em relação à lente biconvexa utilizada, isso implica determinar a vergência e a distância focal da lente, e para as lentes do kit era inviável produzir modelos que atendessem à correção, pois quando era realizada a correção com uma lente (divergente ou convergente) para a distância focal da lente biconvexa, o ponto focal se encontrava em uma distância muito desproporcional ao que era necessário para o modelo, por esse motivo a ideia foi descartada, limitando o recurso ao resultado apresentado.

O Quadro 17 apresenta a pergunta 5 da seção 2:

Quadro 17 - Pergunta 5 da seção 2.

**Pergunta 5:** Em uma abordagem interdisciplinar, você considera que o recurso apresentado pode ser usado para orientar os estudantes quanto aos cuidados da saúde da visão?

- A. Sim, totalmente. O recurso pode ser uma ferramenta eficaz para conscientizar os estudantes sobre os cuidados com a visão.
- B. Sim, em parte. O recurso aborda a saúde da visão, mas poderia trazer mais informações ou orientações práticas.
- C. Neutro. Não tenho uma opinião formada sobre essa aplicação do recurso.
- D. Não, o recurso foca mais nos conceitos científicos e não é adequado para orientações sobre a saúde da visão.
- E. Não, não vejo relação entre o recurso apresentado e a orientação sobre cuidados com a visão.

Fonte: Da autora, 2025.

O Quadro 18 apresenta as respostas individuais das alternativas que foi marcada por cada participante referente à pergunta 5.

Quadro 18 - Resposta individual dos professores à pergunta 5.

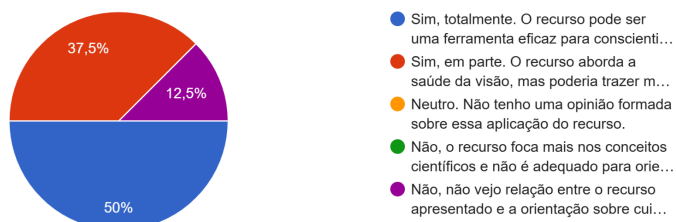
Professor A	Professor B	Professor C	Professor D	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
A.	B.	B.	B.	E.	A.	A.	A.

Fonte: Da autora, 2025.

O Gráfico 4 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 5.

Gráfico 4 - Resultado geral da pergunta 5.

8 respostas



Fonte: Da autora, 2025.

Com base nos dados coletados para a pergunta 5, pode-se observar que 4 professores estão de acordo que o recurso pode ser utilizado para orientar os estudantes quanto aos cuidados com a visão, 3 professores concordam parcialmente, porém é necessário trazer mais informações na prática, enquanto 1 professor diz que não há relação.

O recurso didático proposto tem como objetivo abordar a compreensão dos conceitos básicos da óptica através do funcionamento do olho humano, e a compreensão dos defeitos da visão relacionados à luz, e isso pode conscientizar os alunos quanto aos cuidados com a saúde ocular, à importância da higiene e às consequências do uso prolongado de telas. Segundo a matéria do Estado de Minas (2023), 75% dos oftalmologistas apontam que a principal causa do aumento de miopia é a exposição dos jovens às telas de dispositivos eletrônicos.

Desta forma, o recurso pode fazer essa conexão aos cuidados da visão, através de uma abordagem relacionada ao cotidiano do aluno, além de proporcionar aos alunos o conhecimento sobre os defeitos e identificar os sintomas em relação à dificuldade de enxergar, e por que isso ocorre.

Para isso, pode ser necessário que o material complementar do recurso didático faça uma abordagem mais ampla em relação aos defeitos do olho humano demonstrados no experimento, abordando as consequências do uso prolongado das telas de aparelhos eletrônicos, a importância do uso de lentes corretivas e a identificação dos defeitos da visão.

O Quadro 19 apresenta a pergunta 6 da seção 2:

Quadro 19 - Pergunta 6 da seção 2.

<p><b>Pergunta 6:</b> Qual afirmação abaixo melhor descreve a sua opinião sobre o Manual de Instruções fornecido?</p> <p>A. O manual é claro, objetivo e fornece todas as informações necessárias para a compreensão e utilização do recurso.</p> <p>B. O manual é bem estruturado, mas poderia conter mais detalhes ou explicações em alguns pontos.</p> <p>C. O manual é compreensível, mas apresenta trechos confusos ou que poderiam ser melhor organizados.</p> <p>D. O manual é pouco claro e dificulta a compreensão e utilização do recurso.</p> <p>E. Não tive acesso ao Manual de Instruções</p>
--

Fonte: Da autora, 2025.

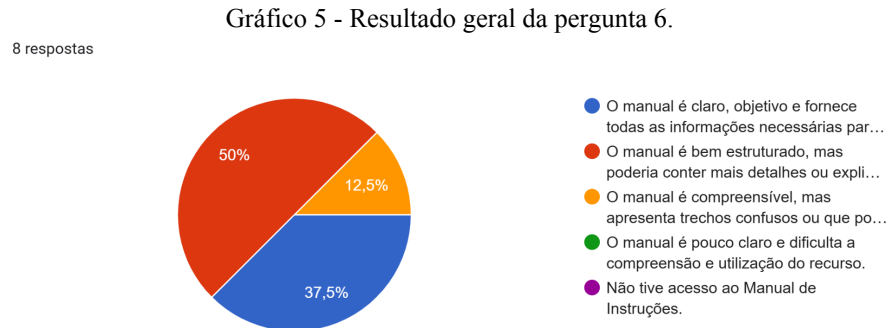
O Quadro 20 apresenta as respostas individuais das alternativas que foi marcada por cada participante referente à pergunta 6.

Quadro 20 - Resposta individual dos professores à pergunta 6.

Professor A	Professor B	Professor C	Professor D	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
A.	B.	B.	B.	C.	A.	A.	B.

Fonte: Da autora, 2025.

O Gráfico 5 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 6.



Fonte: Da autora, 2025.

A avaliação do manual com base nas respostas dos professores indica que, de modo geral, a maioria dos avaliadores considera que o manual está adequado, porém há espaços para melhoria. Através dessa análise, pode-se identificar que é necessário o aprimoramento de mais detalhes em alguns trechos, que podem facilitar mais a compreensão e torná-lo mais acessível e didático.

O Quadro 21 apresenta a pergunta 7 da seção 2:

Quadro 21 - Pergunta 7 da seção 2.

**Pergunta 7:** Você considera fácil o manuseio do experimento?

- A. Sim, o manuseio foi fácil e intuitivo.
- B. Sim, mas exigiu alguma orientação inicial.
- C. Neutro. Não achei nem fácil nem difícil de manusear.
- D. Não, tive dificuldade em manuseá-lo e precisei de bastante orientação.
- E. Não, o manuseio foi complicado e dificultou a utilização do experimento.

Fonte: Da autora, 2025.

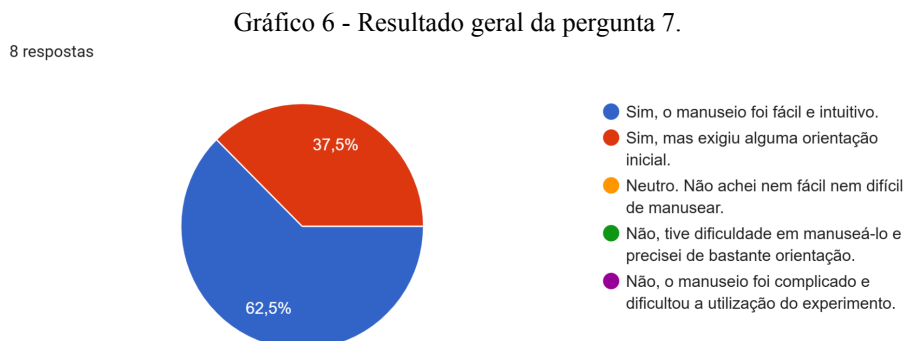
O Quadro 22 apresenta as respostas individuais das alternativas que foi marcada por cada participante referente à pergunta 7.

Quadro 22 - Resposta individual dos professores à pergunta 7.

Professor A	Professor B	Professor C	Professor D	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
A.	A.	B.	A.	B.	A.	A.	B.

Fonte: Da autora, 2025.

O Gráfico 6 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 7.



Fonte: Da autora, 2025.

O resultado da avaliação referente ao manuseio do experimento indica que a maioria dos professores não teve dificuldades, porém 3 dos professores precisaram de orientações iniciais. Isso pode ter acontecido devido aos espaços de melhoria no manual de orientação, pois a necessidade de orientação inicial para o manuseio do experimento foi resposta dos professores C, E e H, os mesmos professores que também responderam que tiveram dificuldade para compreender o manual de instruções e conseguiram compreender, porém sugeriram que era necessário melhorias.

O Quadro 23 apresenta a pergunta 8 da seção 2:

Quadro 23 - Pergunta 8 da seção 2.

**Pergunta 8:** Caso tenha marcado alguma alternativa com NÃO na pergunta anterior, descreva o que você considerou difícil.

Fonte: Da autora, 2025.

A pergunta 8 foi formulada de forma aberta para complementar a pergunta anterior, para permitir que os professores pudessem responder qual foi sua dificuldade com o manuseio que impossibilitou a utilização do experimento, com o objetivo de identificar quais melhorias deveriam ser implementadas com maior urgência. No entanto, não houve respostas, pois na pergunta 7 os professores responderam que o experimento era fácil de manusear, embora fosse necessária uma orientação inicial, no entanto, isso não foi um impedimento para comprometer a continuidade do manuseio do experimento.

O Quadro 24 apresenta as respostas dos professores à pergunta 9.

**Pergunta 9:** Com base em sua avaliação, coloque neste bloco as sugestões de melhorias que você acha relevante para o recurso didático.

Quadro 24 - Respostas dos participantes para a pergunta 9 da seção 2.

Professor A: “apenas uma espessura maior no material transparente, para melhorar a visão do expectador”  
 Professor B: “colocar o kit experimental em um suporte de madeira ou outro material a fim de facilitar o transporte do material, cuidado e melhor visualizar o laser no ambiente escuro. Explorar outros defeitos visuais”.  
 Professor C: “poder usar mais lentes para mostrar outro problema visual.”  
 Professor D: “sem sugestões.”  
 Professor E: “identificar o suporte ou imprimir em cores distintas. Algumas pessoas com déficit de atenção podem não compreender facilmente.”  
 Professor F: “elaborar um complemento ao experimento para as correções dos defeitos da visão.”  
 Professor G: “O kit está perfeito.”  
 Professor H: “Encaixe do acetato poderia ser de uma forma que permita somente o encaixado corretamente.”

Fonte: Da autora, 2025

Com base nas respostas dos professores avaliadores, os professores A, B, E e H, sugeriram ajustes na parte estética do kit, que também pode agregar no funcionamento melhor do experimento. Os professores B e C, propõem que seja feita a exploração de mais defeitos da visão, a fim de ampliar o experimento. O Professor G e D não apresentaram sugestões, indicando que o recurso proposto atende às expectativas.

A maioria das sugestões se concentra em melhorar a praticidade e acessibilidade do kit, e também ampliar a abordagem do experimento incluindo mais tipos de defeitos da visão, e também utilizar lentes corretivas para os defeitos. Como mencionado anteriormente, incluir essa complexidade ao experimento para simular a correção dos defeitos foi uma proposta cogitada, porém as lentes divergentes e convergentes do kit não atendem às expectativas de correção de forma adequada devido ao seu raio de curvatura em relação à lente biconvexa utilizada.

Mas é possível que isso seja realizado utilizando a equação dos fabricantes de lentes que permite que seja calculado o raio de curvatura da lente para determinar e relacionar a vergência da lente com a distância focal.

Além disso, o professor E aponta uma preocupação com as pessoas com déficit de atenção, sugerindo distinção de cores para facilitar o uso. Essas sugestões agregam para melhoria e ajustes para novas versões e continuidade do trabalho, visando tornar o recurso didático mais acessível e eficaz.

O Quadro 25 apresenta as respostas dos professores à pergunta 10.

**Pergunta 10:** Com base em sua avaliação, coloque neste bloco as sugestões de melhorias que você acha relevante para o Manual de Instruções apresentado.

Quadro 25 - Resposta para a pergunta 10 da seção 2.

Professor A: “considero o manual bastante explicativo e objetivo.”  
 Professor B: “Descrever de modo mais explicativo o manual experimental, colocando figuras, setas...”  
 Professor C: “O manual deveria ter uma estrutura mais comercial, pensando numa futura comercialização em pequena ou larga escala.”  
 Professor D: “A minha sugestão é uma revisão na parte das instruções de montagem. Para que o texto fique claro e objetivo.”  
 Professor E: “Que o manual possa ser mais auto instrutivo. Inserir imagens do procedimento de montagem”.  
 Professor F: “Não há melhorias, o manual é suficiente para a proposta do experimento.”  
 Professor G: “O material está perfeito.”  
 Professor H: “Na versão final visando comercialização pode ser mais ilustrativo para tornar ainda mais simples a montagem.”

Fonte: Da autora, 2025.

A maioria dos avaliadores concorda que o material está alinhado com o manuseio do recurso, porém ressaltam algumas melhorias, como setas e figuras, fazendo com que o material fique mais ilustrativo e intuitivo para o processo de montagem. Essas sugestões indicam ajustes relevantes para facilitar o manuseio e o uso do experimento por outros professores. Os professores C e H, sugerem melhorias e aprimoramentos de design no manual, tornando-o mais profissional, com o objetivo de comercialização do experimento, e isso mostra que esses avaliadores conseguem ver potencial no experimento para ser comercializado como ferramenta didática para os professores utilizarem. As sugestões são relevantes e podem agregar de forma positiva à continuidade do trabalho posteriormente.

O Quadro 26 apresenta as respostas dos professores à pergunta 11.

**Pergunta 11:** Com base em sua avaliação, coloque neste bloco as sugestões de melhorias que você acha relevante para a Proposta de Temas para Aula Experimental.

Quadro 26 - Respostas para a pergunta 11 da seção 2.

Professor A: “mostra formação da imagem na retina, percepção das cores, correção dos defeitos da visão, uso dos instrumentos ópticos...”  
 Professor B: “Explorar temas de: Convergência e divergência de feixes. Propriedade retilínea da luz. Ponto focal. Defeitos da visão. Uso de lentes e suas características.”

Professor C: “Defeitos da visão e anatomia do olho humano.”

Professor D: “sem sugestão.”

Professor E: “Propagação retilínea da luz, princípio da independência dos raios, lentes.”

Professor F: “Experimentos envolvendo espelhos esféricos.”

Professor G: “Sem sugestões.”

Professor H: “Como sugestão a configuração para fazer a correção dos defeitos da visão com as lentes dos kits seria bem enriquecedor para o assunto.”

Fonte: Da autora, 2025.

As sugestões da maioria dos professores se concentram em abordar com mais aprofundamento os conceitos básicos de Óptica Geométrica, e inserir uma abordagem mais aprofundada sobre as lentes e suas características. Os professores A e C sugerem uma abordagem com mais aprofundamento relacionado ao olho humano, como a percepção de cores, formação de imagem e anatomia do olho.

As sugestões são pertinentes, porém a parte de incluir aprofundamento no estudo da anatomia do olho humano é relevante em parte, pois é necessário que os alunos conheçam as partes principais do olho humano que implicam na formação de imagem e como essa imagem é processada pelo cérebro, porém não é necessário que isso tenha um aprofundamento muito amplo para o estudo da visão no aspecto da Física.

O Quadro 27 apresenta a pergunta 12 da seção 2:

Quadro 27 - Pergunta 12 da seção 2.

**Pergunta 12:** Você considera que a lista de temas propostos que podem ser abordados com o recurso didático estão de acordo com o funcionamento que você percebeu durante o manuseio?

- A. Sim, totalmente. A lista de temas propostos está alinhada com o funcionamento do experimento.
- B. Sim, em grande parte. A maioria dos temas faz sentido, mas alguns poderiam ser revisados e ajustados.
- C. Neutro. Não tenho uma opinião formada sobre a relação entre os temas propostos e o funcionamento do experimento.
- D. Não, alguns temas propostos não correspondem ao que percebi durante o manuseio.
- E. Não, a lista de temas não condiz com o funcionamento do experimento.

Fonte: Da autora, 2025.

O Quadro 28 apresenta as respostas individuais das alternativas que foi marcada por cada participante referente à pergunta 12.

Quadro 28 - Resposta individual dos professores a pergunta 12.

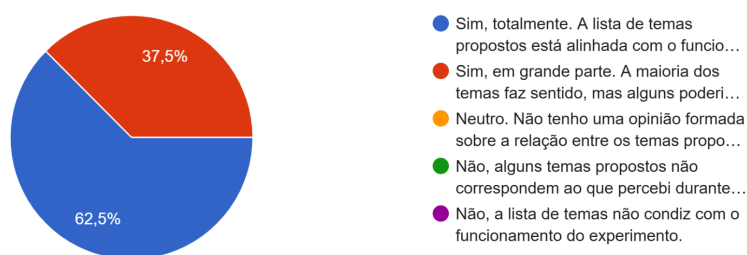
Professor A	Professor B	Professor C	Professor D	Professor E	Professor F	Professor G	Professor H
A.	B.	B.	A.	B.	A.	A.	A.

Fonte: Da autora, 2025.

O Gráfico 7 apresenta o percentual das respostas dos avaliadores referente à pergunta 12.

Gráfico 7 - Resultado geral da pergunta 12.

8 respostas



Fonte: Da autora, 2025.

Na pergunta 12, a maioria dos professores concorda que a lista proposta como material complementar está alinhada à abordagem experimental do recurso didático apresentado, e 3 professores concordam parcialmente, porém alguns temas poderiam ser ajustados e melhorados. Esses dados podem ser comparados com a pergunta anterior, através das sugestões dos professores que concordaram parcialmente.

O Quadro 29 apresenta a última pergunta do formulário em caso os avaliadores tivessem marcado alguma alternativa como “não” na pergunta anterior.

Quadro 29 - Pergunta 13 da seção 2.

**Pergunta 13:** Caso tenha marcado alguma alternativa com NÃO na pergunta anterior, explique a sua resposta.

Fonte: Da autora, 2025.

Essa pergunta foi elaborada para que os participantes pudessem explicar porque o material complementar proposto não correspondia ao experimento durante o manuseio, mas não houve respostas negativas referente à isso, então neste bloco não teve respostas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido atingiu os objetivos propostos, resultando na confecção de um experimento funcional em impressão 3D para o ensino de óptica com materiais complementares, que podem abordar o funcionamento do olho humano como objeto de estudo para ensinar conceitos básicos de óptica.

Através das análises e coletas de dados de avaliação de um grupo de professores de Física, pode-se afirmar que a aplicação do recurso didático proposto tem potencial para proporcionar uma compreensão mais eficaz dos princípios ópticos envolvidos no funcionamento da visão, ao relacionar os conceitos como refração, lentes e formação de imagens. Além de abordar os defeitos da visão de forma lúdica, proporcionando aos alunos como e por que ocorrem os erros refrativos.

O experimento faz conexão com a Biologia, pois envolve o estudo de um órgão do corpo humano e a análise de sua estrutura, que impacta no funcionamento em caso de deformação do globo ocular. Com isso, o experimento possui características interdisciplinares, e segundo Fazenda (2015), a abordagem interdisciplinar no ambiente escolar pode proporcionar aos estudantes um espaço menos tradicional e aprimorar seu conhecimento.

Dessa forma, o recurso didático não apenas contribui para o ensino de óptica, mas também promove a relação da óptica com o cotidiano do aluno, e como consequência também pode conscientizar os alunos sobre a importância da saúde ocular, ajudar na identificação e prevenção de distúrbios visuais e ressaltando a necessidade de cuidados, como exames oftalmológicos regulares e o uso correto de lentes corretivas quando necessário.

O trabalho também incentiva o uso de tecnologia 3D para confecção de novos recursos didáticos que podem contribuir para o ensino de Física, ampliando as possibilidades de inovação para o ensino de Física. Além disso, promove o incentivo do uso de experimentos durante as aulas para abordagem de conteúdos mais lúdicos e interativos para os estudantes através de metodologias práticas e interdisciplinares que possam aproximar os conceitos teóricos da Física com a realidade do aluno.

Com base nas pesquisas bibliográficas, é notório que a utilização da tecnologia de impressão 3D ainda é muito limitada, principalmente nas escolas públicas. Também é possível perceber, através dos dados coletados, que poucos professores possuem acesso à impressora 3D, e muitos nunca tiveram contato com software de modelagem. Infelizmente, a limitação do acesso a esse recurso que pode proporcionar diversas vantagens no ramo educacional ainda é uma realidade pela falta de investimento na educação.

Em conclusão, os resultados obtidos através da avaliação realizada indicam que o recurso didático proposto atingiu o objetivo geral, com potencial para ser ampliado e adaptado para abordar as correções dos defeitos da visão com lentes divergentes e convergentes, e outros defeitos da visão, além das sugestões que podem trazer melhorias para os materiais complementares. Essas sugestões de melhorias e modificações para novas versões proporcionam ramificações que podem possibilitar desenvolvimentos de novos trabalhos a serem realizados futuramente com base neste.

## REFERÊNCIAS

ABRAHAMAS, P. H. **Anatomia**: atlas descritivo do corpo humano. 2 ed. São Paulo: Rideel, 2009.

AGUIAR, Leonardo De Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o Ensino de Ciências**. Dissertação (Programa de pós-graduação em educação para a ciência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

AUTODESK. **Plataforma Tinkercad**, 2024. Plataforma de modelagem 3D. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/dashboard>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BENEDITO, Atália Júlio *et al.* A contribuição das atividades práticas interdisciplinares no aprendizado de discentes do ensino médio. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM Minas Gerais – Brasil. **Revista Vozes dos Vales**: Publicações Acadêmicas ISSN: 2238-6424 QUALIS/CAPES – LATINDEX N°. 22 – 10/2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**: educação é a base. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 05 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasília, 2002. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf). Brasília, 2002. 144 p. Acesso em: 05 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **OMS alerta que 285 milhões de pessoas no mundo têm a visão prejudicada**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/fevereiro/oms-alerta-que-285-milhoes-de-pessoas-no-mundo-tem-a-visao-prejudicada> -de-pessoas-no-mundo-tem-a-visão-prejudicada. Acesso em: 10 abr. 2024.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC, Brasília, 1999 Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf> . Acesso em: 06 fev. 2025.

BOCCHI, José Antônio Afonso da Costa. **Interdisciplinaridade entre Física e Biologia promovendo compreensão dos conceitos Físicos**. 2017. 75f. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2017.

CAPELINI, Luiz Fernando. **O funcionamento do olho humano**: uma sequência didática para o ensino de óptica geométrica no ensino médio. 2019. 124f. Dissertação (Programa de pós-graduação no ensino de Física) - Universidade tecnológica do Paraná, Campo Mourão, 2019.

CARUSO, Renata Cury; RUTZ, Sani. A otimização de impressão 3D de um dominó para o ensino inclusivo. In: Anais do XII Seminário de Extensão e Inovação & XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. **Anais Santa Helena** (PR) UTFPR Santa

Helena, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/seisicite2022/545641> Acesso em: 07 fev. 2025.

USO excessivo de telas cresce miopia entre crianças e adolescentes. **Jornal do Estado de Minas**, Belo Horizonte, 2023. disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/saude-e-bem-viver/2023/01/28/interna\\_bem\\_viver,1450347/uso-excessivo-de-telas-cresce-miopia-entre-criancas-e-adolescentes.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/saude-e-bem-viver/2023/01/28/interna_bem_viver,1450347/uso-excessivo-de-telas-cresce-miopia-entre-criancas-e-adolescentes.shtml). Acesso: 08 abr. 2024.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade**, v. 1, n. 6, São Paulo, 2015.

FERREIRA, P. H. D; GHIGLIENO, F. TRIBUZI V. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma nova revisão, São Paulo, 2024. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, e20240104 (2024).

FREITAS, Kauan Estevam Cardoso; TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. Experimentos científicos como ferramentas de aprendizagem para o ensino de física. **Revista Brasileira de Física e Tecnologia Aplicada (RBFTA)**, v. 9, n. 2, p. 28- 47, 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalho científico. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2015.

GOMES, Anna Carolina Guimarães *et al.* Miopia causada pelo uso de telas de aparelhos eletrônicos: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v.79 , n. 5, p. 350-353, set., 2020. Disponível em: [https://www.sboportal.org.br/2020/rbo/rbo\\_set\\_out\\_2020.pdf](https://www.sboportal.org.br/2020/rbo/rbo_set_out_2020.pdf). Acesso em: 14 dez. 2024.

MACHADO, Cibele Kemeicik. **Uma proposta do ensino de Física baseada no estudo da evolução do olho humano**. 2021. 154f. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Física) - Instituto Federal do Espírito Santo, programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2021.

NASCIMENTO, Yuri Nascimento do; BAIA, Raimundo Rosemiro de Jesus; SANTOS, Franck Wirlen Quadro dos; JÚNIOR, Lucas Silva Santos; SÁ, Dayse Maria Cunha. Experiência de educação em tempos de educação híbrida. *In*: FINELLI, L. A. C.; RUAS, A. M. G. **Considerações sobre o uso das tecnologias digitais na educação básica**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2022. p. 13-23.

NOTOMI, Eduardo Hideaki. **Influência da Luz Azul Sobre o Sono**, 2019. 57f. Dissertação (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

PIRES, Mylena Iasmin Figueredo; VINHOLI, Ailton José Junior. Impressão 3D e pesquisas em ciências da natureza: um olhar sobre a produção científica na área. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, 2022. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/11348>. Acesso em: 04 jan. 2025.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROONEY, Anne. **A história da Física**. 1 ed. São Paulo: M.Books do Brasil Editora Ltda, 2013. 207p.

SANTOS, Jarles Tarsso Gomes; ANDRADE, Adja Ferreira. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18, n. 1, p. 1-11, jul., 2020. Disponível em: UFRGS <https://seer.ufrgs.br>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SANTOS, Thaylla Martírios *et al.* Uso de tecnologia de impressão 3D para o desenvolvimento de equipamentos didáticos: o cone duplo, **Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 50, p. 336-342, abril., 2024. Disponível em: <https://revistas.faculdadefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/2812/1916>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SONODA, Rodrigo Trentin; ARAÚJO, Alessandro. Distúrbios neurovisuais causados por luz azul. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 3, p. 1-10, mar., 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1247>. Acesso em: 07 dez. 2024.

TORRES, Carlos Magno A. *et al.* **Física 2: ciências e tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2016.

VECCHIA, Francieli Jaqueline. **Proposta de ensino de óptica da visão para o ensino médio**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

ZEIZZ. A luz azul: o que faz bem e o que faz mal. **Zeizz**, [s.l.], 16 de outubro de 2022. Saúde e tratamento dos olhos. Disponível em: <https://www.zeiss.com.br/vision-care/saude-e-tratamento-dos-olhos/compreendendo-a-visao/a-luz-azul-o-que-faz-bem-e-o-que-faz-mal.html>. Acesso em: 26 jan. 2025.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Sears & Zemansky: ótica e física moderna**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

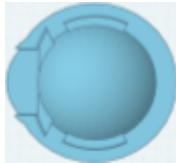
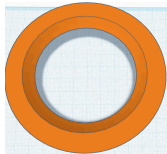


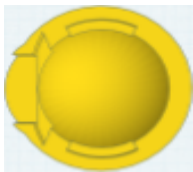
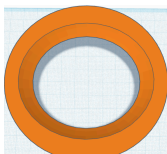
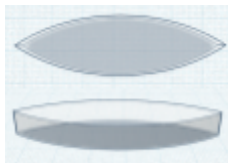

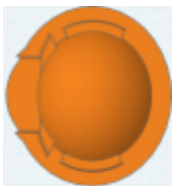
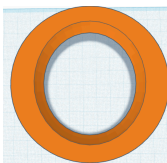


## APÊNDICE 1 - MANUAL DE INSTRUÇÕES

### MANUAL DE INSTRUÇÕES

- **Identificação do Experimento**
- **Título:** Funcionamento do olho humano e seus defeitos
- **Objetivo:** Demonstrar o funcionamento do olho e os defeitos de miopia e hipermetropia.
- **Peças do recurso didático:**

O recurso didático é composto por 12 peças, sendo 7 peças impressas em impressora 3D, um laser, 3 recortes de acetato transparente e uma lente biconvexa. Para o procedimento de montagem é necessário a apresentação de cada peça, conforme o quadro 1 apresentado.

Quadro 1: Peças do experimento de olho humano.

 <p>Peça 1: olho humano saudável</p>	 <p>Peça 4: suporte do olho humano saudável</p>	 <p>Peça 7: suporte para o <i>laser</i></p>	 <p>Peça 10: Acetato do modelo do olho saudável</p>
 <p>Peça 2: olho humano míope</p>	 <p>Peça 5: suporte do olho humano míope</p>	 <p>Peça 8: lente biconvexa</p>	 <p>Peça 11: Acetato do modelo do olho míope</p>
 <p>Peça 3: olho humano e</p>	 <p>Peça 6: suporte do olho humano hipermetrope</p>	 <p>Peça 9: <i>laser</i></p>	 <p>Peça 12: Acetato do modelo do olho hipermetrope</p>

**Procedimento de montagem:**

**Passo 1:** Coloque o acetato em cada modelo de olho correspondente, encaixando as abas do acetato no encaixe da borda modelo do olho, de forma que fique como uma película sobre o modelo.

**Passo 2:** Encaixe os modelos em cada suporte correspondente.

**Passo 3:** Insira a lente biconvexa no modelo que deseja visualizar o experimento.

**Passo 4:** Coloque o laser no suporte.

**Instruções de Manuseio e Observação****1. Montagem do experimento:**

Antes de iniciar a observação, siga corretamente as orientações de montagem do experimento.

**2. Troca de Lentes:**

Para observar diferentes modelos, basta trocar a lente de um modelo para outro, pois a mesma lente é utilizada em todos os modelos de olho.

**3. Alinhamento do Laser:**

Utilize o gabarito fornecido no kit para alinhar o laser com o modelo que deseja observar.

**4. Ligação e Ajuste do Laser:**

Após o alinhamento, ligue o laser.

Caso ocorra desalinhamento ao ligar o laser, realinhe antes de prosseguir.

**5. Observação do experimento**

Com o laser corretamente alinhado, observe em qual ponto ocorre a formação da imagem no modelo selecionado, utilizando o ponto focal da lente como referência.

## APÊNDICE 2 - PROPOSTA DE MATERIAL COMPLEMENTAR

### PROPOSTA DE MATERIAL COMPLEMENTAR PARA AULA EXPERIMENTAL

1. Defina o que é refração da luz. Como esse fenômeno é relevante para a visão humana?
2. Descreva brevemente como a luz se comporta ao passar por diferentes meios relacionando ao conceito de refração.
3. Descreva o funcionamento básico do olho humano sem defeito em termos de física. Quais são as principais partes do olho que contribuem para a formação da imagem?
4. Explique a função do cristalino no processo de visão e como ele se relaciona com a refração da luz.
5. Explique a diferença entre miopia e hipermetropia. Quais são as causas dessas condições?
6. O que você entende por "ponto focal"? Como o ponto focal se relaciona com a visão normal e com os defeitos de miopia e hipermetropia?
7. Explique como uma lente convergente pode ser utilizada para corrigir a miopia. O que acontece com os raios de luz quando eles passam por essa lente?
8. Da mesma forma, explique como uma lente divergente ajuda na correção da hipermetropia. Qual o efeito que essa lente tem sobre os raios de luz?
9. A partir do experimento que você observou, quais foram as observações mais importantes sobre como a estrutura do globo ocular afetam a percepção visual?
10. Reflita sobre o que você aprendeu na aula experimental. Escreva um breve texto sobre como a física e a saúde ocular estão conectadas no entendimento das condições visuais.