



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ANTÔNIO ARAÚJO DA SILVA

**O ENSINO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO
DA MODELAGEM DIDÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO NA
PERSPECTIVA INTERACIONISTA E INTERDISCIPLINAR**

MOSSORÓ
2025

ANTÔNIO ARAÚJO DA SILVA

**O ENSINO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO
DA MODELAGEM DIDÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO NA
PERSPECTIVA INTERACIONISTA E INTERDISCIPLINAR**

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

Orientador: Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

Coorientadora: Profa. Dra. Erlânia Lima de Oliveira

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586e Silva, Antônio Araújo da.

O ensino da óptica geométrica no ensino fundamental por meio da modelagem didática do funcionamento do olho humano na perspectiva interacionista e interdisciplinar / Antônio Araújo da Silva. - 2025.
137 f. : il.

Orientador: Rafael Castelo Guedes Martins.
Coorientadora: Erlania Lima de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2025.

1. Ensino de Física. 2. Modelos Didáticos. 3. Óptica Geométrica. 4. Defeitos da Visão. 5. Ensino Interdisciplinar e Contextualizado. I. Martins, Rafael Castelo Guedes, orient. II. Oliveira, Erlania Lima de, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTÔNIO ARAÚJO DA SILVA

**O ENSINO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO
DA MODELAGEM DIDÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO NA
PERSPECTIVA INTERACIONISTA E INTERDISCIPLINAR**

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

Aprovada em 28 de março de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins – Orientador
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes – Examinadora Interna
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas – Examinador Externo
Universidade Regional do Cariri

MOSSORÓ

2025

Dedico este trabalho ao meu pai Antônio Sabino da Silva (*in memoriam*) e à minha mãe Maria de Jesus de Araújo Silva (*in memoriam*) que, ambos, mesmo sem saber o que eu tanto estudava, no decorrer da vida, sabiam que era importante para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Às minhas filhas Laura Melissa e Any Eloíse que juntas sofreram com minha ausência, enquanto estudante do mestrado. E à minha filha Livia Emanuely que está a caminho!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, nas pessoas do Eterno, do meu Senhor e Salvador Jesus Cristo e Espírito Santo, o Consolador, por ter me permitido esta excelente oportunidade de realização pessoal e profissional.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) por ter criado o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela estrutura acadêmica oferecida, pelo apoio constante ao longo desta jornada e pela oportunidade de realizar este trabalho de dissertação.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFERSA, expresso minha gratidão pelo suporte e incentivo fornecidos durante todo o desenvolvimento do curso.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins e Profa. Dra. Erlania Lima de Oliveira, agradeço pela confiança depositada em meu trabalho, pelas valiosas contribuições e pelo apoio inestimável ao longo deste percurso acadêmico.

Aos professores do curso, cujo conhecimento e dedicação foram essenciais para minha formação, expresso minha profunda gratidão. Suas orientações, críticas construtivas e incentivos foram fundamentais para o amadurecimento das ideias apresentadas neste estudo.

Aos colegas do curso, pela troca de experiências, debates enriquecedores e pelo apoio mútuo, agradeço sinceramente. Sua presença e colaboração tornaram esta jornada acadêmica mais leve e gratificante.

Por fim, gostaria de expressar meu reconhecimento à Escola Santa Adelaide (ESA), onde apliquei o Produto Educacional, pela parceria estabelecida e pelo ambiente propício à reflexão e produção de conhecimento. Seu apoio foi fundamental para a realização deste trabalho.

A todos os mencionados e aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste projeto, meu mais sincero agradecimento. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e o incentivo de cada um de vocês.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

EPÍGRAFE

“A luz do corpo são os olhos; portanto, se os teus olhos forem simples, todo o teu corpo será cheio de luz.” (BÍBLIA KJ 1611, Mt, 6, 22).

RESUMO

O ENSINO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO DA
MODELAGEM DIDÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO NA
PERSPECTIVA INTERACIONISTA E INTERDISCIPLINAR

TEACHING GEOMETRIC OPTICS IN MIDDLE SCHOOL THROUGH DIDACTIC
MODELING OF THE FUNCTIONING OF THE HUMAN EYE FROM AN
INTERACTIONIST AND INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVE

ANTÔNIO ARAÚJO DA SILVA

Orientadores:

Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

Profa. Dra. Erlania Lima De Oliveira

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

A presente dissertação teve como propósito desenvolver e implementar uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica no Ensino Fundamental, tendo como foco os defeitos da visão e o apoio de modelos didáticos. A proposta foi concebida como uma solução inovadora para os desafios enfrentados no ensino de ciências, considerando a carência de laboratórios, a necessidade de contextualizar os conceitos científicos com o cotidiano dos estudantes, a utilização de recursos didáticos diferenciados e o estímulo à interdisciplinaridade entre áreas do conhecimento relacionadas. A fundamentação teórica baseou-se principalmente na Teoria Sociocultural de Vygotsky, que destaca a importância de ambientes de aprendizagem colaborativos e socialmente interativos. Nessa perspectiva, a sequência didática foi estruturada para possibilitar aos alunos não apenas a aquisição de conhecimentos científicos, mas também o desenvolvimento de habilidades críticas e práticas, por meio da exploração ativa e do intercâmbio de ideias. Os resultados evidenciaram que a estratégia pedagógica adotada foi eficaz para superar barreiras tradicionais no ensino de óptica, especialmente no que diz respeito à abstração dos princípios da óptica geométrica. Ao associar os conceitos a situações concretas, como os defeitos visuais (miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo), os estudantes puderam compreender melhor os fenômenos. O uso de modelos didáticos tornou o aprendizado mais palpável, enquanto a abordagem interdisciplinar promoveu conexões significativas entre a ciência e outras áreas do conhecimento. Além disso, a participação ativa dos alunos e a interação social durante as atividades foram fundamentais para a assimilação dos conteúdos. A troca de experiências e a construção colaborativa do saber não apenas facilitaram o entendimento dos conceitos, mas também estimularam o interesse e o engajamento dos estudantes. Os objetivos gerais e específicos definidos no início do trabalho foram plenamente alcançados. A sequência didática demonstrou ser uma ferramenta eficiente para o ensino de óptica, ao favorecer a mediação pedagógica e a construção do conhecimento por meio da interação social, contextualização e alinhamento aos desafios contemporâneos da educação em ciências. O sucesso da proposta reforça seu potencial como modelo replicável para outras temáticas no campo da educação científica.

Palavras-chave: Ensino de Física; Modelos Didáticos; Óptica Geométrica; Defeitos da Visão; Ensino Interdisciplinar e Contextualizado.

ABSTRACT

TEACHING GEOMETRIC OPTICS IN MIDDLE SCHOOL THROUGH DIDACTIC MODELING OF THE FUNCTIONING OF THE HUMAN EYE FROM AN INTERACTIONIST AND INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVE

ANTÔNIO ARAÚJO DA SILVA

Advisors:

Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

Profa. Dra. Erlânia Lima De Oliveira

Dissertation presented to the Postgraduate Program in Physics Teaching at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) in the National Professional Master's Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the title of Master in Physics Teaching.

This dissertation aimed to develop and implement an interdisciplinary teaching sequence for optics in middle school, focusing on visual impairments and utilizing didactic models as pedagogical support. The proposal was designed as an innovative solution to the challenges faced in science education, addressing the lack of laboratory resources, the need to contextualize scientific concepts with students' everyday lives, the use of differentiated teaching materials, and the promotion of interdisciplinarity across related fields of knowledge. The theoretical framework was primarily based on Vygotsky's Sociocultural Theory, which emphasizes the importance of collaborative and socially interactive learning environments. From this perspective, the teaching sequence was structured to enable students not only to acquire scientific knowledge but also to develop critical and practical skills through active exploration and the exchange of ideas. The results showed that the adopted pedagogical strategy effectively overcame traditional barriers in teaching optics, particularly regarding the abstraction of geometric optics principles. By linking the concepts to concrete situations, such as visual impairments (myopia, hyperopia, presbyopia, and astigmatism), students were able to better understand the phenomena. The use of didactic models made learning more tangible, while the interdisciplinary approach fostered meaningful connections between science and other fields of knowledge. Furthermore, active student participation and social interaction during activities were fundamental to the assimilation of content. The exchange of experiences and collaborative knowledge construction not only facilitated understanding but also stimulated students' interest and engagement. The general and specific objectives defined at the beginning of the study were fully achieved. The teaching sequence proved to be an effective tool for teaching optics by promoting pedagogical mediation and knowledge construction through social interaction, contextualization, and alignment with the contemporary challenges of science education. The success of the proposal highlights its potential as a replicable model for other topics in science education.

Keywords: Teaching Physics; Didactic models; Geometric Optics; Vision Defects; Interdisciplinary and Contextualized Teaching.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estruturas do olho humano	31
Figura 2 – Espectro Eletromagnético e Espectro de Luz Visível	34
Figura 3 – Propagação retilínea da luz (a) e Câmara Escura (b)	38
Figura 4 – Reflexão regular (a) e Reflexão difusa (b)	39
Figura 5 – Raio de luz numa superfície regular	39
Figura 6 – Refração entre dois meios com índice de refração distinto	40
Figura 7 – Lente Biconvexa	43
Figura 8 – Lente Plano-Convexa	43
Figura 9 – Lente Côncavo-Convexa	44
Figura 10 – Lente Bicôncava	44
Figura 11 – Lente Plano-Côncava	44
Figura 12 – Lente Convexo-Côncava	45
Figura 13 – Modelos didáticos a serem produzidos (caso a escola não tenha modelo anatômico)	50
Figura 14 – Corte medial do olho para destacar as estruturas (plano sagital)	52
Figura 15 – Diagramas representando a miopia, hipermetropia	54
Figura 16 – Diagramas representando a presbiopia e astigmatismo	55
Figura 17 – Foto do modelo fisiológico do olho humano	60
Figura 18 – Material a ser impresso para a construção do modelo fisiológico do olho humano	61
Figura 19 – Resultado da montagem	62
Figura 20 – Registro da aula 1	69
Figura 21 – Registro da aula 2	73
Figura 22 – Registro da aula 3	77
Figura 23 – Conjuntos básicos de lentes para o ensino de óptica geométrica	79
Figura 24 – Fontes de luz laser paralelo de três vias	80
Figura 25 – Registro da aula 4	81
Figura 26 – Registro da aula 5	85
Figura 27 – Registro da aula 6	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	duas dimensões, bidimensional
AVD	atividades de vida diária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EAD	Educação à Distância
EF II	Ensino Fundamental II
EJA	Educação de Jovens e Adultos
Enem	Exame Nacional do Ensino Médio
ESA	Escola Santa Adelaide
Hz	Hertz
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
KJ 1611	Bíblia <i>King James</i> Fiel – Versão 1611
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física
UFC	Universidade Federal do Ceará.
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFPI	Universidade Federal do Piauí
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UniFAVENI	Centro Universitário FAVENI
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

TRAJETÓRIA ACADÊMICA E PROFISSIONAL.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 TEORIA SOCIOCULTURAL DE VYGOTSKY E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	20
2.1 Teoria Sociocultural de Vygotsky.....	20
2.2 As Zonas de Desenvolvimento.....	21
2.2.1 Implicações da Zona de Desenvolvimento Proximal.....	22
2.2.1.1 Primeira implicação: uma janela de aprendizagem.....	22
2.2.1.2 Segunda implicação: o tutor como agente metacognitivo.....	24
2.2.1.3 Terceira implicação: a importância dos pares como mediadores da aprendizagem.....	25
2.3 A avaliação na perspectiva da teoria sociocultural de Vygotsky.....	25
2.4 Interdisciplinaridade e Contextualização no Ensino de Ciências.....	26
2.4.1 Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências.....	26
2.4.2 Contextualização no Ensino de Ciências.....	28
2.5 Modelos Didáticos no Ensino de Ciências.....	29
3 O OLHO HUMANO E A ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	31
3.1 Anatomia do Olho Humano.....	31
3.2 Biofísica do Olho Humano.....	33
3.3 Principais defeitos da Visão.....	35
3.3.1 Miopia.....	35
3.3.2 Hipermetropia.....	35
3.3.3 Presbiopia.....	36
3.3.4 Astigmatismo.....	36
3.4 Óptica Geométrica.....	37
3.4.1 Propagação Retilínea da Luz.....	37
3.4.2 Reflexão.....	38
3.4.3 Refração.....	39
3.5 Óptica Geométrica na Visão Humana.....	40
3.5.1 A refração dos componentes oculares.....	40
3.5.2 Formação da imagem invertida.....	41
3.5.3 Acomodação visual e ponto de convergência.....	42
3.6 Óptica Geométrica na Correção dos Defeitos da Visão.....	42
4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	47
4.1 Apresentação do Produto Educacional.....	47
4.2 Desenvolvimento do Produto Educacional.....	48
5 RESULTADOS E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	67
5.1 Relatos da Aula 1 (Anatomia do Olho e Função de seus Componentes).....	67
5.1.1 Análise das questões avaliativas da aula 1.....	69
5.2 Relatos da Aula 2 (Compreendendo os defeitos da visão).....	71
5.2.1 Análise das questões avaliativas da aula 2.....	73
5.3 Relatos da Aula 3 (Defeitos da visão e fenômenos ópticos).....	75
5.3.1 Análise das questões avaliativas da aula 3.....	77
5.4 Relatos da Aula 4 (Defeitos da visão, formação da imagem e aspectos químicos).....	79
5.4.1 Análise das questões avaliativas da aula 4.....	82
5.5 Relatos da Aula 5 (Correção de defeitos visuais e a refração da luz).....	83
5.5.1 Análise das questões avaliativas da aula 5.....	85
5.6 Relatos da Aula 6 (Modelos didáticos e fenômenos ópticos).....	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS.....	92
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	95

TRAJETÓRIA ACADÊMICA E PROFISSIONAL

Sou Antônio Araújo da Silva, natural do município de Barroquinha, no estado do Ceará, filho dos agricultores. Ao longo da minha trajetória educacional, percorri caminhos marcados por desafios comuns a muitos estudantes das regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos. Estudei durante toda a minha vida em escolas públicas, e, a partir da 3ª série do Ensino Fundamental, conciliei os estudos com outras responsabilidades (trabalho na agricultura com dez anos de idade), frequentando o ensino noturno.

Durante o Ensino Fundamental, meu contato com a disciplina de Física foi praticamente inexistente. As aulas de ciências, quando ocorriam, eram limitadas a conteúdos básicos, sem aprofundamento prático ou teórico, e as escolas em que estudei não dispunham de laboratórios nem de atividades experimentais que pudessem despertar o interesse dos alunos pelas ciências naturais.

Esse cenário continuou no Ensino Médio, onde a ausência de infraestrutura adequada e a carência de professores formados na área específica agravaram, ainda mais, o distanciamento entre mim (e os demais estudantes) e o conhecimento científico. As disciplinas de ciências, especialmente a Física, eram constantemente relegadas a segundo plano, sendo consideradas menos prioritárias diante de outras áreas tidas como mais “importantes” ou “relevantes” para o vestibular ou para o mercado de trabalho imediato.

Desde criança, eu alimentava o sonho de ingressar em uma universidade pública. Mais do que um objetivo acadêmico, essa aspiração representava uma possibilidade concreta de transformação pessoal e social. Meu desejo principal era tornar-me professor de Matemática, profissão que, para mim, simbolizava não apenas estabilidade, mas também a oportunidade de retribuir, de alguma forma, aquilo que a educação pública me proporcionou. A Física, até então, não fazia parte dos meus planos. Tampouco as engenharias ou cursos da área da saúde despertavam meu interesse. Além disso, havia a necessidade permanente e imediata de trabalhar, o que me impunha restrições tanto de tempo quanto de recursos.

Ainda no 3º ano do Ensino Médio, após o diretor, Carlos Vinícius ter se recusado a aceitar minha transferência de escola por causa de um trabalho braçal, fui aprovado, por meio do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), para o curso de Licenciatura Matemática na Universidade Federal do Piauí e também para o curso de Licenciatura em Física, na modalidade a distância, pela Universidade Federal do Ceará.

Optei por cursar Física, em parte por viabilidade logística, pois conseguia conciliá-lo com meu primeiro emprego público, ainda que temporário. Essa escolha, no entanto, se revelou desafiadora desde os primeiros momentos. Logo na disciplina de

Matemática I (Cálculo I), toda a turma enfrentou a reprovação. Lembro bem das palavras do professor-tutor dessa disciplina ao justificar o resultado: segundo ele, aquele insucesso coletivo seria a prova de que *não éramos capazes de nos graduar na área de exatas*. Essa afirmação, em vez de me desencorajar de forma definitiva, provocou em mim uma inquietação profunda. Por pouco não desisti. Mas recusar aquela sentença como verdade foi também um passo de afirmação pessoal: eu precisava continuar.

Diante do desânimo, iniciei o curso de Fisioterapia na Universidade Federal do Piauí, buscando reorientar minha trajetória acadêmica. Para minha surpresa, encontrei ali uma nova perspectiva sobre a Física. Percebi que ela não era uma ciência isolada ou restrita a teorias abstratas, estava presente, de forma essencial, nos fundamentos das terapias, nos princípios dos equipamentos e nas práticas clínicas. A Física revelava-se, ali, como um saber indispensável à compreensão do corpo humano em movimento e à eficácia dos processos terapêuticos. Mesmo com a mudança temporária de curso, a Física nunca deixou de ocupar um espaço nos meus planos. Ainda que as ofertas de disciplinas fossem irregulares e os desafios persistissem, permanecia o desejo de concluir aquela formação que, embora árdua, tinha se tornado parte essencial da minha história acadêmica e pessoal.

Em 2015, enfrentei um dos momentos mais desconcertantes da minha trajetória acadêmica e pessoal. Fui convocado para assumir um cargo em concurso público nos Correios, em minha própria cidade, uma conquista que representava a realização de um sonho e a possibilidade concreta de estabilidade financeira. Contudo, essa nova etapa exigiu a difícil decisão de interromper, ainda que momentaneamente, o curso de Fisioterapia, justamente no seu melhor momento. Retornei para casa, agora com uma nova realidade, e direcionei minhas energias para o curso de Física, que se encontrava em sua fase final.

Em 2016, tornei-me o primeiro aluno da minha turma — pequena, quase inexistente — a concluir o curso de Física. Aquele momento marcou profundamente minha percepção sobre sonhos e limites. Ao olhar para trás, para todos os desafios superados, compreendi que ninguém deve aceitar que seus sonhos sejam definidos ou limitados por outrem. Essa convicção se fortaleceu ainda mais por um acontecimento marcante na minha vida: foi também em 2015 que confessei Jesus Cristo como meu Senhor e Salvador. A partir de então, pude reconhecer que as conquistas não eram apenas fruto do esforço pessoal, mas também da Graça e direção de Deus. Para Honra e Glória do Nosso Senhor Salvador Jesus Cristo, compreendi que nada é impossível quando se caminha com fé e perseverança.

Ao concluir o curso de Física, já com certa estabilidade financeira, o ato de ensinar deixou de ser uma necessidade imediata e tornou-se um sonho, um desejo profundo, mais que isso, uma missão. Iniciei minha carreira como professor no Ensino Médio,

especialmente em turmas noturnas e da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Rapidamente percebi que o ensino da Física não poderia ser dissociado das demais áreas do conhecimento. A experiência em turmas da EJA, onde lecionei Ciências da Natureza (integrando Física, Biologia e Química) e também Matemática, foi um grande desafio, mas igualmente um ponto de virada na minha concepção pedagógica. Essa vivência me levou à compreensão de que o ensino precisa ser, acima de tudo, interdisciplinar e contextualizado. Não basta transmitir conteúdos isolados: é preciso conectar saberes, tornar o conhecimento significativo e aplicável, respeitando as trajetórias de vida dos alunos. Só assim é possível mediar, de forma real e integral, a construção do conhecimento.

Logo após concluir a Licenciatura em Física, impulsionado pelo desejo de ampliar meus conhecimentos e minha atuação no ensino, ingressei presencialmente no curso de Licenciatura em Química pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). No entanto, percebi que naquele momento, embora fosse uma jornada acadêmica interessante, não se tratava de um desafio necessário. Optei, então, por interromper temporariamente o curso. Em 2018, concluí oficialmente o curso de Fisioterapia, encerrando um ciclo importante iniciado anos antes. Ainda assim, a essa altura, a prática clínica já não se apresentava como uma opção financeiramente viável ou desejável. Permaneci com o foco voltado para a educação, que agora se consolidava como minha principal vocação.

Foi nesse contexto que compreendi algo fundamental: a formação em Física não apenas me abriu portas profissionais, como também permitiu expandir meus horizontes acadêmicos, explorando novas áreas por prazer, por hobby e, sobretudo, com o propósito de me tornar um educador mais completo. Em 2019, enquanto ainda lecionava para turmas da EJA, decidi iniciar uma nova Licenciatura, desta vez em Ciências da Natureza, pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), na modalidade a distância. Diferentemente do que vivenciei na graduação em Física, dessa vez já havia acesso mais consolidado às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), o que proporcionou uma experiência de aprendizagem mais fluida e conectada com as demandas contemporâneas da educação.

Em 2020, impulsionado pela longa afinidade com a área, iniciei também o curso de Matemática, desta vez pelo Centro Universitário FAVENI (UniFAVENI). Além de cursar essa graduação, passei a atuar como gestor de Polo de Educação à Distância (EAD) da instituição em minha cidade, função que exerço até os dias atuais, com o propósito de ampliar o acesso ao ensino superior em contextos interioranos. Ambas as formações, Ciências da Natureza e Matemática, foram concluídas em 2021. Naquele mesmo ano, decidi retomar um projeto interrompido: voltei ao curso de Licenciatura em Química, agora pela Universidade Federal do Ceará, instituição na qual tudo havia começado. Concluir essa graduação em 2024

representou, para mim, mais do que a realização de um plano acadêmico. Foi a reafirmação do compromisso com a educação como escolha de vida e não apenas como profissão.

Em 2022, atuando como docente contratado, mesmo sendo servidor concursado dos Correios, decidi dar mais um passo importante na minha formação: ingressar em um programa de pós-graduação. Optei pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), convicto de que essa era a escolha mais alinhada com minha trajetória e com meus objetivos enquanto educador. Por ser um mestrado voltado especificamente para o ensino de Física, senti que representava a oportunidade ideal para consolidar minha identidade docente e aprofundar meus conhecimentos pedagógicos e científicos.

Atualmente, concilio múltiplas funções: trabalho nos Correios, atuo como gestor de polo do Centro Universitário FAVENI em minha cidade e desempenho também a função de tutor nas áreas de Matemática, Ciências da Natureza e Saúde. Diante de uma rotina intensa, com responsabilidades diversas, encontrei uma nova forma de continuar contribuindo para a educação: utilizando minha experiência para apoiar outras pessoas a conquistarem seu próprio diploma de ensino superior. Incentivo constantemente meus alunos e colegas a não desistirem dos seus sonhos, mesmo quando parecem distantes ou adiados. Acredito firmemente que ninguém deve se limitar às condições que o cercam, e sim buscar superá-las com coragem e perseverança.

Olhando para o futuro, alimento o sonho de criar minha própria instituição de ensino superior, presencial, voltada especialmente à formação de professores. Desejo ofertar cursos de licenciatura, com especial atenção para um curso Interdisciplinar em Ciências da Natureza – uma proposta pensada para atender à realidade de tantas pessoas que, como eu no passado, viram seus sonhos interrompidos. Meu objetivo é garantir uma formação sólida, acessível e humanizada, que considere os desafios vividos por populações do interior, muitas vezes privadas do pleno acesso às Tecnologias da Informação e Comunicação e empurradas para uma educação digital solitária e excludente.

Este relato pessoal não tem como objetivo apenas descrever dificuldades, mas também contextualizar a construção da minha formação acadêmica e do meu olhar para o ensino de Física. A partir da minha própria vivência, pude compreender a importância de repensar as práticas pedagógicas e as políticas educacionais, especialmente no que se refere ao acesso equitativo ao conhecimento científico. O conteúdo, a metodologia e a abordagem educacional desse trabalho é uma forma de ofertar à sociedade uma oportunidade que eu gostaria de ter tido, enquanto estudante de educação básica, principalmente no Ensino Fundamental. Esta dissertação, portanto, nasce da intersecção entre uma história de superação e o desejo de contribuir para uma educação mais justa, inclusiva e transformadora.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de ciências no ensino fundamental enfrenta uma série de desafios que afetam diretamente o aprendizado dos estudantes. Compreender essas dificuldades é fundamental para desenvolver estratégias pedagógicas mais eficazes. Entre os principais desafios, destacam-se a complexidade dos conceitos, a carência de material didático adequado, a formação dos professores, a falta de contextualização, dentre outras.

Os conceitos científicos muitas vezes são abstratos e desafiadores para alunos em fase de formação intelectual. A complexidade pode resultar em desinteresse e dificuldade de assimilação. A falta de recursos didáticos apropriados é um obstáculo substancial. Livros desatualizados, falta de laboratórios e carência de materiais de apoio podem limitar a experiência prática dos alunos (SILVA, 2013).

Essas dificuldades têm impactado diretamente a eficácia do ensino de ciências. O desinteresse dos alunos, a falta de compreensão profunda dos conceitos e a falta de conexão com a aplicação prática dos conhecimentos são desdobramentos desses desafios. No entanto, é imperativo buscar soluções que promovam uma abordagem mais inclusiva e eficaz.

As *Orientações Curriculares Nacionais para a Educação Básica* (2006) destacam a interdisciplinaridade e a contextualização como princípios fundamentais para a organização do ensino. A interdisciplinaridade é concebida como uma abordagem epistemológica que promove a articulação intencional entre diferentes áreas do conhecimento, permitindo que temas complexos sejam compreendidos de forma mais ampla e integrada. Trata-se, portanto, de superar a fragmentação tradicional do currículo escolar, criando pontes entre disciplinas distintas, sem, contudo, anular suas especificidades. Já a contextualização é apresentada como uma estratégia pedagógica que busca estabelecer conexões significativas entre os saberes escolares e a realidade sociocultural dos estudantes, valorizando seus conhecimentos prévios, suas experiências e o ambiente em que vivem. (BRASIL, 2006).

A diversidade de recursos didáticos e práticas pedagógicas pode ser uma alternativa para superar os desafios no ensino de ciências no ensino fundamental. Ao criar ambientes de aprendizado mais dinâmicos e contextualizados, podemos estimular a curiosidade, o entendimento dos conceitos e o apreço pela ciência já no ensino fundamental, preparando os alunos para um futuro.

A interdisciplinaridade no ensino de ciências é muito importante para que os estudantes compreendam que as diferentes áreas da ciência não estão isoladas, mas sim interligadas, permitindo ao estudante a compreensão de como as diversas áreas se relacionam

e se complementam. Com isso, é possível contribuir para o desenvolvimento de habilidades importantes como observar, questionar, analisar, sintetizar, e aplicar o conhecimento em diferentes contextos.

Portanto, a interdisciplinaridade e a contextualização não são apenas diretrizes curriculares, mas exigências concretas de uma prática docente que reconhece a complexidade do mundo contemporâneo e a diversidade dos sujeitos que compõem a escola pública brasileira. No ensino de Ciências da Natureza e, em especial, de Física, essas abordagens têm o potencial de transformar o modo como o conhecimento é percebido, estudado e aplicado, tornando a aprendizagem mais relevante, crítica e conectada com a realidade dos estudantes. (BRASIL, 2006).

Diante do atual cenário, faz-se necessário propor uma abordagem que venha de encontro aos desafios atuais do ensino de ciências. Um produto educacional que possa abordar a falta de laboratórios, a contextualização entre os conceitos científicos e a realidade dos alunos, o uso de recursos didáticos e práticas pedagógicas diferenciadas e a interdisciplinaridade entre as ciências envolvidas.

Sem desconsiderar as demais teorias da aprendizagem, este trabalho é apoiado, principalmente, na Teoria Sociocultural de Vygotsky, a qual enfatiza a importância de criar situações de aprendizagem que permitam aos alunos explorar conceitos científicos de forma colaborativa. Pois, a partir dos problemas da visão, uma situação comum no dia a dia dos alunos será desenvolvida uma sequência didática multidisciplinar, que integra diferentes áreas das ciências. Os alunos têm a oportunidade de ver como os conceitos científicos se relacionam entre si e com o mundo ao seu redor. Bem como a aplicação de conhecimentos de física, particularmente a óptica geométrica, química, biologia e outras disciplinas no contexto apresentado, enriquecendo assim sua compreensão e apreciação da ciência de forma interdisciplinar.

Neste contexto, o uso de modelos didáticos no ensino de anatomia da visão e óptica é fundamental porque permite que os estudantes possam visualizar e compreender melhor as estruturas e fenômenos relacionados à visão. Além disso, os modelos permitem que os estudantes possam ver de forma concreta e realista como ocorrem os problemas de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo.

Através do uso de modelos didáticos, os estudantes são capazes de compreender de forma mais clara os conceitos teóricos da anatomia e da óptica relacionados à visão, podendo acompanhar as explicações e até mesmo praticar a correção dos problemas de visão. Dessa forma, o uso de modelos didáticos é importante para transformar o ensino de anatomia da visão e óptica em algo mais concreto e realista, permitindo que os estudantes possam

aprender de forma mais eficiente e possibilitando um maior desenvolvimento de seus conhecimentos sobre a visão e seus problemas.

O objetivo geral deste trabalho é:

Promover a aprendizagem de óptica no ensino fundamental, em uma perspectiva interacionista, por meio do uso de modelos didáticos relacionados aos problemas da visão, com enfoque interdisciplinar e contextualizado à realidade dos alunos do município de Barroquinha – CE.

O qual será alcançado por meio dos seguintes objetivos específicos:

Explorar as concepções espontâneas de estudantes de ensino fundamental sobre os fenômenos ópticos geométricos relacionados aos problemas da visão.

Elaborar e avaliar uma sequência didática interdisciplinar, baseada no uso de modelos didáticos, que relacione os defeitos da visão aos conceitos de óptica geométrica.

Produzir um produto educacional que sistematize a proposta didática desenvolvida, visando sua aplicação no ensino fundamental.

Esta dissertação está organizada em sete capítulos. O primeiro é a introdução, o qual apresenta e faz a contextualização do tema de pesquisa, traz a justificativa da relevância do estudo, elenca os objetivos a serem alcançados com o produto educacional, e, por fim, apresenta a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo trata dos fundamentos físicos que dão sustentação conceitual aos conteúdos contemplados no produto educacional proposto, considerando o nível de ensino que o produto educacional é direcionado.

O terceiro capítulo discorre sobre teorias educacionais relevantes para o desenvolvimento do produto educacional. Bem como, discute os princípios e abordagens pedagógicas e explora os principais recursos didáticos que embasam o produto educacional proposto.

O quarto capítulo faz uma descrição dos métodos e procedimentos utilizados na pesquisa. Justifica a escolha do método de pesquisa e dos instrumentos de coleta de dados. E apresenta o plano de desenvolvimento do produto educacional e da sua avaliação.

O quinto capítulo trata do desenvolvimento do produto educacional, por meio de uma descrição detalhada do produto educacional desenvolvido, incluindo seus objetivos, conteúdos, estrutura e recursos. Bem como, discute os processos de desenvolvimento, revisão e validação do produto.

O sexto capítulo traz uma avaliação do produto educacional, por meio da descrição dos procedimentos e instrumentos utilizados na avaliação do produto educacional.

Análise dos resultados da avaliação, incluindo *feedback* dos usuários e impacto na aprendizagem. E discussão sobre as limitações do produto e sugestões para melhorias futuras.

Por fim, o último capítulo traz as considerações finais, ou seja, sintetiza os principais achados da pesquisa, faz uma reflexão sobre as contribuições do estudo para a área de ensino de física e educação e traz recomendações para futuras pesquisas e práticas educacionais.

O próximo capítulo apresenta os fundamentos da teoria sociocultural de Vygotsky. Nele serão abordados os conceitos de mediação, linguagem e desenvolvimento, com destaque para as Zonas de Desenvolvimento, a avaliação como processo contínuo, e a importância da interdisciplinaridade e da contextualização no processo educativo. Além de discutir o papel dos modelos didáticos como ferramentas que, articuladas a essa perspectiva teórica, ampliam o potencial formativo das práticas pedagógicas.

2 TEORIA SOCIOCULTURAL DE VYGOTSKY E O ENSINO DE CIÊNCIAS

2.1 Teoria Sociocultural de Vygotsky

A teoria sociocultural de Vygotsky é uma das abordagens mais influentes no campo da psicologia e da educação no Brasil e no mundo. Coll (2003), por exemplo, não apenas evidencia a relevância da interação social e cultural no processo educativo, mas também ressalta a importância de considerar as influências socioculturais na construção do conhecimento pelos alunos. Este psicólogo e educador russo enfatiza a necessidade de uma abordagem pedagógica que valorize a interação entre os estudantes e seu ambiente sociocultural, alinhando-se assim com os princípios fundamentais da teoria sociocultural de Vygotsky.

Vygotsky acreditava que os aspectos sociais eram cruciais para o crescimento intelectual da criança. Para ele, ao longo da história o pensamento dos indivíduos modifica-se e essas mudanças encontram suas raízes na sociedade e na cultura. Ele procurou compreender de que maneira se dá o reflexo do mundo externo no mundo interno, ou seja, a natureza sociocultural das pessoas se torna igualmente sua natureza psicológica. A partir da abordagem histórico-social, que o orienta analisar a construção do conhecimento ou do pensamento na criança estabelecendo a unidade dinâmica da relação pensamento/linguagem e a evolução do homem tanto por sua gênese quanto por sua evolução como o todo.

Em relação ao egocentrismo infantil diz que o desenvolvimento infantil surge da representação simbólica de formas sociais de comunicação verbal, ou seja, para ele um domínio de um sistema de signos produzidos culturalmente transforma a consciência do indivíduo sobre a realidade. Para Vygotsky (1987) citado por Souza e Kramer (1991) a função primordial da fala, tanto em crianças como nos adultos, é a comunicação, o contato social. Ele afirma que qualquer fala é em sua essência, socializada. Rego (2001) reitera que são os instrumentos técnicos e os sistemas de signos, desenvolvidos ao longo da história, que medeiam as relações dos seres humanos entre si e com o mundo. A linguagem, em particular, é considerada um mediador primordial, carregando consigo os conceitos abstratos e refinados pela cultura.

Para Vygotsky o aprendizado vem muito antes da entrada da criança na escola e afirma que o aprendizado escolar produz algo novo no desenvolvimento infantil, considerado nível de desenvolvimento real (manifesto na ação) concreto e simultaneamente, o nível de desenvolvimento potencial (determinado através da solução de problemas sob a orientação de adultos e demais parceiros) assim reafirma o conceito de zona de desenvolvimento proximal.

O nível de desenvolvimento potencial, real e proximal define as funções que estão em um processo de maturação. Por isso Vygotsky insiste na ideia de que o bom aprendizado é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento (SOUZA e KRAMER, 1991; FINO, 2001; GEHLEN e DELIZOICOV, 2012).

Outro ponto interessante é que Vygotsky fala da tendência afetivo-volitiva, ou seja, a troca de ideias e diálogo permite uma compreensão do outro. Esta comunicação permitiu entender que há um potencial de sentido em cada pessoa que precisa ser desvendado. Resumindo para Vygotsky o sujeito é social e, portanto, constitui e se constitui na história e na cultura, isto é, o desenvolvimento do pensamento é um processo essencialmente dialético em que o sujeito transforma e é transformado pela realidade física, social e cultural que se encontra. (SOUZA e KRAMER, 1991).

Neste sentido, a teoria sociocultural de Vygotsky pode ser aplicada no ensino de ciências em geral, pois a mesma ressalta a importância do contexto sociocultural na construção do conhecimento e no desenvolvimento humano. Bem como, enfatiza a necessidade de práticas pedagógicas que promovam a colaboração entre os alunos, incentivando-os a trabalhar juntos para construir seu entendimento do mundo.

2.2 As Zonas de Desenvolvimento

O foco principal da atual onda de interesse nos pontos de vista de Vygotsky tem sido o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) – particularmente em relação às suas implicações para a educação. Com efeito, um aspecto particularmente importante da teoria de Vygotsky é a ideia da existência de uma área potencial de desenvolvimento cognitivo, definida como a distância que medeia entre o nível atual de desenvolvimento da criança, determinada pela sua capacidade atual de resolver problemas individualmente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com pares mais capazes.

Esta área é definida como a distância entre o nível atual de desenvolvimento da criança, que se baseia em sua capacidade atual de resolver problemas por conta própria, e seu nível potencial de desenvolvimento, que é determinado por meio da resolução de problemas. De acordo com Vygotsky, o desenvolvimento é um processo de aprender a usar ferramentas intelectuais por meio da interação social com aqueles que têm mais experiência no uso dessas ferramentas, dentre as quais, uma dessas ferramentas é a linguagem. Sob essa perspectiva, a interação social mais eficaz é aquela em que um problema é resolvido coletivamente enquanto é guiado pelo participante que melhor usa as ferramentas intelectuais necessárias.

Para Vygotsky o processo de desenvolvimento e o processo de aprendizagem são dois processos separados, no entanto há harmonia entre o processo de desenvolvimento e o processo de aprendizagem que vem antes dele. Essa dissintonia resulta da ZDP, que é essencialmente uma área cognitiva de dissonância que corresponde ao potencial da ZDP (FINO, 2001). Vygotsky introduziu esse conceito em um esforço para abordar duas questões práticas relacionadas à psicologia educacional, que são a avaliação das práticas instrucionais e a avaliação das habilidades cognitivas das crianças. Primeiro, determine o nível atual de desenvolvimento da criança e o nível no qual ela seria capaz de funcionar interpsicologicamente, ou seja, o nível de desenvolvimento potencial da criança. No segundo caso de avaliação da instrução, Vygotsky defendeu a ideia de que a função intrapsicológica se desenvolve a partir da função interpsicológica.

Em relação a esse segundo cenário, o argumento de Vygotsky se baseia na afirmação de que a instrução só é efetiva quando avança no processo de desenvolvimento, ou seja, quando desperta e põe em movimento funcionalidades que estão na ZDP ou em processo de maturação. Desta forma, a instrução desempenha um papel muito importante no desenvolvimento. Vygotsky acreditava que a ZDP caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente, enquanto o desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento retroativamente (WERTSCH e STONE, 1985).

A ZDP oferece aos psicólogos, educadores em geral e professores de ciências, uma ferramenta que pode ser utilizada para compreender o curso interno do desenvolvimento, e que a partir desse método pode permitir considerar os ciclos e processos maturacionais já concluídos, além dos que ainda estão em fase formativa. Como resultado, o ZDP permite a identificação do futuro imediato da criança e do estado de desenvolvimento dinâmico (VYGOTSKY, 1978). Portanto, é muito importante para a pesquisa em ensino de ciências, que o professor possa sempre elaborar situações didáticas que promova desafios para os estudantes progredirem em seus processos de aprendizagens, ultrapassem sua zona de desenvolvimento real e enfrentem resoluções de problemas mais complexos com a ajuda do professor ou até mesmo de um colega de classe.

2.2.1 Implicações da Zona de Desenvolvimento Proximal

2.2.1.1 Primeira implicação: uma janela de aprendizagem

Vygotsky resume os três conceitos sobre a relação entre aprendizagem e desenvolvimento que estavam disponíveis em seu tempo. O que assumiu que ambos os

processos eram independentes, o que argumentou que a aprendizagem é desenvolvimento e, por fim, o que procurou superar as duas posições extremas mencionadas anteriormente, sugerindo um terceiro caminho de reconciliação e combinação entre eles. O motivo pelo qual iniciou a pesquisa que levou ao postulado da existência da ZDP, na qual o educando, o instrutor e o conteúdo interagem com a questão para a qual se busca solução.

Além disso, a teoria ZDP de Vygotsky sugere a existência de uma janela de aprendizagem em cada estágio do desenvolvimento cognitivo do aprendiz que pode ser muito ambígua. A implicação óbvia da aplicação desta noção de janela de aprendizagem à concepção de contextos de aprendizagem é a necessidade de fornecer a cada grupo de alunos uma série de atividades e materiais de aprendizagem para que possam personalizar a sua aprendizagem no âmbito das metas e objetivos do programa (FINO, 2001).

Embora os critérios gerais de sucesso para as unidades de aprendizagem exijam o domínio de um conjunto de conceitos e princípios básicos, a teoria da ZDP de Vygotsky sugere que os alunos também devem ter acesso às ferramentas que lhes permitam personalizar seu aprendizado. E ao afirmar que uma pessoa só pode imitar coisas que estão dentro de seu nível atual de desenvolvimento, Vygotsky faz implicitamente a afirmação de que uma compreensão completa do conceito de ZDP deve levar a uma reconsideração do papel que a imitação desempenha na aprendizagem. Além disso, de acordo com Vygotsky, resultados de aprendizagem voltados para níveis de desenvolvimento já alcançados são ineficazes porque não apontam para um novo estágio no processo de desenvolvimento. A consideração do ZDP possibilitou a proposta de “boas aprendizagens”, que são aquelas que levam ao avanço no desenvolvimento (FINO, 2001).

Neste sentido, a Teoria Sociocultural de Vygotsky tem grande importância no ensino de ciências, especialmente ao orientar para a necessidade de práticas pedagógicas eficazes. Ao reconhecer a ZDP, os educadores podem adaptar seu ensino para fornecer o suporte adequado aos alunos, permitindo-lhes alcançar um nível de compreensão e habilidades além de sua capacidade atual. Isso é especialmente relevante no contexto das ciências, onde o aprendizado frequentemente envolve a compreensão de conceitos complexos e a aplicação de habilidades práticas. Além disso, promover interações sociais e colaboração entre os alunos no ensino de ciências não apenas facilita a aquisição de conhecimento, mas também promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como o pensamento crítico e a resolução de problemas, essenciais para a formação de futuros cientistas e cidadãos informados.

2.2.1.2 Segunda implicação: o tutor como agente metacognitivo

Conforme a teoria de Vygotsky, a interiorização não é fundamento suficiente para um sistema pedagógico completo. O aprendiz deve ser capaz de reconhecer os conhecimentos, habilidades e valores que foram interiorizados. Ao completar esta atividade de identificação, o processo de aprendizagem que começou com a interiorização é concluído e o aluno está preparado para iniciar um novo ciclo de aprendizagem em um nível superior de cognição. A soma de tais atividades é o que se chama de processo metacognitivo, que diz respeito ao planejamento e avaliação dos próprios pensamentos durante a resolução de problemas ou quando se tenta explicar os próprios pensamentos a alguém (FINO, 2001).

A metacognição, de modo geral, refere-se à capacidade de um indivíduo de refletir sobre seus próprios processos de pensamento, monitorando, regulando e avaliando estratégias cognitivas durante a aprendizagem. No campo do ensino de Ciências, a metacognição é amplamente investigada por sua relevância no desenvolvimento da autonomia intelectual, da capacidade de resolução de problemas e da compreensão conceitual profunda dos fenômenos científicos.

Ao discutir a maturidade intelectual, o termo *metacognição* pode ser usado para se referir tanto ao conhecimento quanto às habilidades cognitivas internalizadas, bem como aos valores internalizados que o acompanham. O professor transfere a responsabilidade e o controle metacognitivo para o aluno quando ele internaliza o comportamento cognitivo. Consideremos um exemplo para ilustrar o que um professor ou tutor faz ao compará-lo com os pilares que sustentam um edifício exterior enquanto ele está sendo construído e que vão sendo removidos à medida que a estrutura se torna forte o suficiente para ficar de pé sozinha.

Sob a perspectiva da teoria histórico-cultural de Vygotsky, a metacognição não é vista como uma habilidade exclusivamente individual ou inata, mas sim como uma função psicológica superior que se desenvolve mediada pela linguagem, pela interação social e pelo contexto cultural. O autor destaca que funções cognitivas complexas, como o pensamento reflexivo e a autorregulação, emergem do plano social para o plano individual, ou seja, se formam primeiro no âmbito interpsicológico e depois intrapsicológico (VYGOTSKY, 2001).

Os professores e tutores no ensino de ciências são fundamentais para promover uma aprendizagem eficaz e duradoura. Ao conhecer os conteúdos e as estratégias de ensino, os professores têm a possibilidade de guiar os alunos não apenas na compreensão dos conceitos científicos, mas também no desenvolvimento de suas próprias habilidades metacognitivas. Ao modelar processos de pensamento crítico, autorregulação e reflexão, eles ajudam os alunos a se tornarem conscientes de suas próprias estratégias de aprendizagem,

promovendo assim uma maior autonomia e eficácia no estudo das ciências. Além disso, os professores podem adaptar suas abordagens de ensino de acordo com as necessidades individuais dos alunos, fornecendo um retorno personalizado e incentivando a autorreflexão, o que é crucial para o desenvolvimento de habilidades metacognitivas e aprendizado no ensino de ciências.

2.2.1.3 Terceira implicação: a importância dos pares como mediadores da aprendizagem

Devido ao seu potencial de uso no contexto da educação, a proposta da ZDP sobre o tema da aprendizagem mediada por pares tornou-se um dos temas mais populares na literatura resultante das posições de Vygotsky. A solução pode ser encontrada na seleção de métodos instrucionais que utilizem os próprios alunos como recursos didáticos, permitindo que os alunos ensinem uns aos outros. Isso porque as turmas das escolas públicas estão se tornando maiores, mais diversificadas e mais exigentes em termos de habilidades exigidas dos alunos. Esse tipo de processo de início de aprendizado é conhecido como aprendizado moderado por colegas e é um método natural de aprendizado (FINO, 2001).

Dentro desse contexto, os pares desempenham um papel fundamental como mediadores da aprendizagem. Através da colaboração entre os alunos, ocorre uma troca dinâmica de conhecimentos, experiências e estratégias de resolução de problemas, permitindo que cada indivíduo avance para além de seu nível de desenvolvimento atual. Ao interagir com seus pares, os alunos têm a oportunidade de compartilhar perspectivas diferentes, receber parecer imediato e construir o conhecimento de forma colaborativa.

Essa troca não apenas enriquece a compreensão individual, mas também promove o desenvolvimento de habilidades metacognitivas, como a autorregulação e o pensamento crítico. Além disso, a ZDP destaca a importância de os colegas mais capacitados oferecerem suporte e orientação aos seus colegas menos experientes, facilitando assim o acesso a novos conceitos e habilidades. Dessa forma, os pares atuam como agentes mediadores essenciais na construção do conhecimento e no desenvolvimento cognitivo dos alunos no contexto das ciências.

2.3 A avaliação na perspectiva da teoria sociocultural de Vygotsky

De acordo com a visão sociocultural de Vygotsky, a avaliação não é apenas um meio de medir resultados, mas um recurso crucial para estimular o progresso cognitivo dos estudantes. Esta perspectiva vê a avaliação como um processo contínuo e dinâmico, levando

em conta tanto o estágio atual de evolução do estudante quanto sua capacidade de progresso, com o suporte de interações sociais e mediações apropriadas.

Embora Vygotsky não tenha desenvolvido um sistema específico de avaliação escolar, sua teoria histórico-cultural fornece bases sólidas para repensar a avaliação no processo educativo. Para ele, a avaliação deve focar no processo de desenvolvimento, considerando o papel da interação social, da mediação do professor e da ZDP (Vygotsky, 2021).

Este tipo de avaliação também está em conformidade com o conceito de ZDP, que destaca a diferença entre o que o estudante já é capaz de realizar de maneira autônoma e o que pode ser alcançado com a assistência de um mediador, que pode ser o professor ou os colegas. Ao longo das aulas, os modelos didático, as discussões em grupo e os exemplos práticos serviram como mediadores, possibilitando que os estudantes avançassem na compreensão dos princípios da óptica geométrica, unindo conhecimentos de física, biologia e saúde.

Através de tarefas avaliativas como debates, manipulação de modelos didáticos e resolução de perguntas, foi possível notar como as interações sociais influenciaram na formação do conhecimento. Os estudantes afirmaram que as interações com os colegas foram cruciais para esclarecer incertezas e ampliar o entendimento, destacando a relevância da mediação social no processo de aprendizado.

Portanto, a avaliação teve um papel formativo, auxiliando não só na mensuração do aprendizado, mas também orientando o docente na adaptação das táticas de ensino e incentivando os estudantes a refletirem sobre o próprio processo de aquisição de conhecimento. Assim, a organização e a execução da avaliação intensificaram a concordância entre teoria e prática, fomentando um aprendizado relevante e cooperativo, em conformidade com os princípios da teoria sociocultural de Vygotsky.

2.4 Interdisciplinaridade e Contextualização no Ensino de Ciências

2.4.1 Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências

A interdisciplinaridade no ensino de ciências é um componente crucial para promover uma compreensão holística e contextualizada dos fenômenos naturais. Ao integrar conceitos, métodos e abordagens de múltiplas disciplinas, como física, química, biologia e matemática, dentre outras, os estudantes são capacitados a conectar conhecimentos e

visualizar as interações complexas que ocorrem nos sistemas naturais. Essa abordagem transcende as fronteiras tradicionais das disciplinas, permitindo uma apreciação mais profunda e integrada dos processos científicos.

Nesta perspectiva, a interdisciplinaridade também estimula o desenvolvimento de habilidades essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração. Ao enfrentar questões científicas complexas, os alunos são incentivados a buscar soluções que envolvam uma variedade de perspectivas e métodos, enriquecendo assim sua compreensão e promovendo uma maior criatividade e inovação. Além disso, ao reconhecer a interconexão entre diferentes áreas do conhecimento científico, os estudantes são preparados para enfrentar desafios do mundo real que frequentemente exigem uma abordagem integrada e interdisciplinar.

Assim, um currículo integrado deixa de ser uma sobreposição de matérias e se converte em um campo flexível e aberto, onde o foco é o objeto de estudo compartilhado, e não cada disciplina em separado. Essa proposta também mobiliza o *habitus* sociocultural dos alunos, suas experiências, memórias e indignações, promovendo diálogos pedagógicos que conectam a vida escolar à vida social. Neste contexto, Hernández e Ventura (1998) nos mostram que a interdisciplinaridade não é apenas uma estratégia de integração curricular, mas uma postura epistemológica e ética que valoriza o diálogo entre saberes, o protagonismo dos estudantes e a relevância social do ensino. Ela inaugura uma educação menos fragmentada, mais conectada com o mundo real e mais capacitada para formar sujeitos capazes de interpretar e transformar sua realidade.

Um exemplo da importância da interdisciplinaridade se dá na compreensão do funcionamento do corpo humano. A física é responsável por explicar diversos fenômenos que acontecem no organismo, como o movimento musculoesquelético, a circulação sanguínea e a respiração. Há processos químicos fundamentais na contração muscular, a circulação sanguínea e a respiração. Já a biologia é a área responsável por estudar a estrutura e o funcionamento dos organismos vivos. Portanto, a interdisciplinaridade traz inúmeros benefícios no ensino de ciências, possibilitando um ensino mais completo, rico e contextualizado, podendo despertar o interesse dos estudantes pela ciência, aumentando a motivação e o aprendizado.

No entanto, a implementação eficaz da interdisciplinaridade no ensino de ciências apresenta desafios, incluindo a necessidade de coordenação entre professores de diferentes disciplinas, o desenvolvimento de currículos flexíveis e a integração de avaliações que capturem a amplitude do aprendizado interdisciplinar. Apesar desses desafios, os benefícios de uma abordagem interdisciplinar são vastos, preparando os alunos não apenas para

compreender os complexos desafios científicos, mas também para se tornarem cidadãos informados e capacitados em um mundo cada vez mais interconectado e interdependente.

2.4.2 Contextualização no Ensino de Ciências

O ensino de ciências de forma tradicional pode dificultar que os educandos compreendam os fenômenos científicos estudados. Este fator pode desencadear vários problemas, como o desinteresse dos educandos pelas ciências e dificuldade em seu aprendizado, pois, muitas vezes não absorvem o conteúdo estudado. Neste sentido, a escolha de recursos didáticos e de estratégias para mediação do ensino é uma tarefa muito importante no ensino de ciências, contribuindo significativamente para que os alunos se apropriem dos conceitos científicos abordados (COUTINHO; MIRANDA, 2019).

No cenário atual da educação, ainda há diversos professores que enfrentam lacunas na sua própria formação em ciências, pois muitos são graduados em área diversa (principalmente matemática). Os dados do Censo escolar de 2018, realizado pelo INEP, indicam que apenas 20% (vinte por cento) dos professores de Física das escolas públicas estaduais do país possuem formação específica e esse percentual é ainda menor na região Centro-Oeste (NASCIMENTO, 2020). Isso pode refletir na abordagem pedagógica, impactando a construção do conhecimento de maneira eficaz. Pois, muitas vezes, a falta de conexão entre os conceitos científicos e a realidade cotidiana dos alunos contribui para a percepção de que a ciência é algo distante de suas vidas, resultando em desinteresse.

Nesta perspectiva, a contextualização no ensino de ciências desempenha um papel fundamental na promoção de uma compreensão robusta e significativa dos conceitos científicos. Ao apresentar os princípios científicos dentro de contextos reais e relevantes, os educadores possibilitam aos alunos a conexão entre a teoria e sua aplicação prática no mundo ao seu redor. Essa abordagem permite que os estudantes vejam a ciência como uma ferramenta poderosa para entender e resolver problemas do mundo real, desde questões ambientais até avanços tecnológicos, enriquecendo assim sua aprendizagem e engajamento.

Além disso, práticas pedagógicas que reforcem a contextualização dos conteúdos podem aumentar o engajamento. Ao contextualizar o ensino de ciências, os educadores também podem estimular o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e investigativo nos alunos. Ao explorar problemas autênticos e complexos, os estudantes são desafiados a analisar evidências, formular hipóteses e buscar soluções baseadas em conhecimentos científicos sólidos. Além disso, ao enfrentar desafios do mundo real, os alunos

são incentivados a colaborar, comunicar e trabalhar em equipe, desenvolvendo habilidades essenciais para o sucesso não apenas na ciência, mas em diversas áreas da vida.

A promoção de ambientes de aprendizagem mais interativos e participativos, onde os estudantes possam explorar e questionar, também é crucial. Neste sentido a contextualização desempenha um papel importante na promoção da alfabetização científica e na preparação dos alunos para se tornarem cidadãos informados e críticos. Ao compreender como a ciência está presente em questões sociais, políticas e éticas, os estudantes podem tomar decisões informadas e participar ativamente de debates científicos e questões de política pública. Portanto, a contextualização no ensino de ciências não apenas enriquece a experiência educacional dos alunos, mas também os capacita a se tornarem membros responsáveis e ativos de uma sociedade cada vez mais baseada na ciência e na tecnologia.

2.5 Modelos Didáticos no Ensino de Ciências

No sentido epistemológico um modelo didático é qualquer estrutura, seja concreta ou abstrata, que visa de alguma forma representar de forma aproximada aspectos de uma determinada realidade, fato ou fenômeno. O modelo adquiriu então essa função de representação da realidade e independente da sua estrutura ser concreta ou abstrata, tangível ou intangível, visualizável ou inteligível, icônica ou simbólica, o que realmente o define a qualidade do modelo depende da estrutura teórica a ele associado (BUNGE, 1974).

No ensino de ciências, os modelos aparecem como idealizações simplificadas da realidade, sempre envoltos em teorias e não devem ser confundidos com a realidade em si, pois apenas alguns de seus aspectos são por ele representados. São representações tridimensionais ou com alto-relevo, que podem ser coloridas, normalmente feitas a partir de materiais já conhecidos pelos alunos, utilizadas com o objetivo de facilitar a aprendizagem ao ilustrar conteúdos escritos e/ou falados e figuras planas. Além disso, a possibilidade de manusear os modelos didáticos e a observação pormenorizada dos detalhes facilita a compreensão do conteúdo (ORLANDO et al., 2009).

Segundo o educador em ciências, o francês Jean-Louis Martinand, a modelização é uma importante atividade no ensino de ciências. Pois atua na passagem do concreto ao abstrato, do abstrato ao concreto, do teórico ao experimental, num processo de vai e vêm entre observações e teorias que se encontra o modelo como fonte mediadora de representação do conhecimento. Trata-se de uma atividade inovadora e criativa em que o educador se coloca a construir e adaptar os seus modelos a fim de representar a realidade observada ou imaginada, o que ele denomina “referente empírico”, isto é, objetos e fenômenos ou as ações

realizadas sobre estes. O importante não é o modelo em si, mas a atividade de construção e de concepção do modelo, isto é, como os alunos entendem essas representações (MARTINAND, 1996).

Nesta perspectiva, os modelos didáticos têm o papel de estabelecer ligação entre formulações teóricas e a realidade. Modelos didáticos são representações práticas de fenômenos teóricos ou estruturas confeccionadas a partir de um material concreto (MATOS et al., 2009). Portanto, a utilização dos modelos didáticos é um método muito instigante, pois o aluno passa a ter algo concreto para observar, tocar, avaliar e comparar, algo que não é possível apenas com ilustrações nos livros. Neste contexto, os modelos didáticos podem contribuir nesta mudança de conceito, por serem produzidos a partir de uma imagem conhecida no repertório do aluno (SILVA, 2013).

Os modelos didáticos podem ser amplamente aplicados nas aulas de ciências, por reproduzir a realidade por meio de estruturas tangíveis que contribuem para a assimilação do objeto de estudo. Em uma pesquisa realizada entre os professores de ciências e matemática da segunda etapa do ensino fundamental de um município, foi unânime que os professores concordam que os modelos didáticos aumentam o envolvimento dos alunos em sala de aula, aumentando a sua atenção e promovendo a participação e a compreensão do conteúdo de forma dinâmica e prazerosa. Os modelos de ensino representam claramente conceitos, fenômenos e estruturas e através de sua aplicação os professores percebem melhores resultados em geral e enfatizam a eficácia dos mesmos no aprendizado (SILVA, et al, 2022).

Por fim, vale destacar que os modelos didáticos podem ser representações já existentes em algumas escolas, como esqueletos humanos, bonecos humanos ou parte deles, globos terrestres como mapas diversos, representações de células ampliadas, dentre outros. Bem como podem ser produzidos pelos professores com materiais alternativos e de baixo custo ou pelos alunos, individual ou em grupo, dentro ou fora da sala de aula, conforme o objetivo da aula.

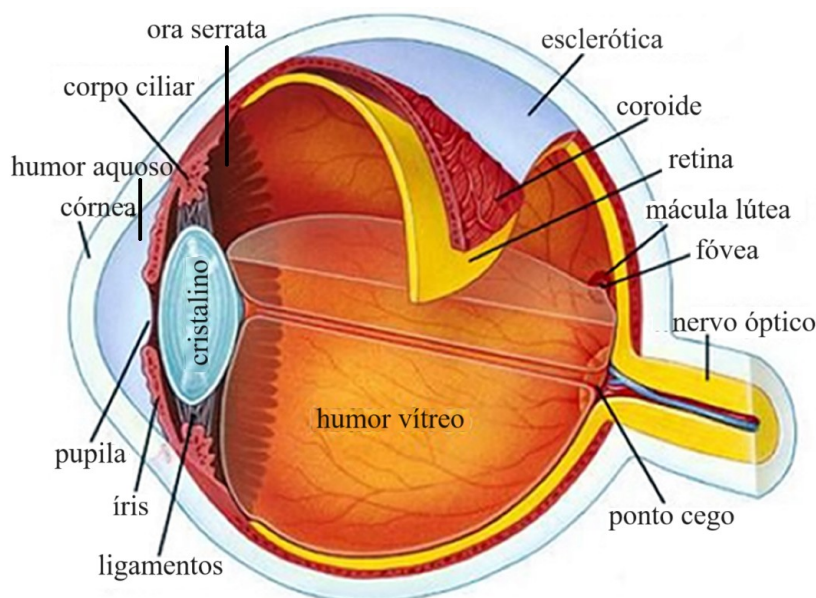
O capítulo seguinte, intitulado “o olho humano e a óptica geométrica” se dedica à apresentação dos conhecimentos científicos que fundamentam a proposta didática aqui delineada. Serão abordados aspectos essenciais do funcionamento do olho humano, sua anatomia e biofísica, bem como os principais defeitos visuais. Em seguida, exploraremos os conceitos de óptica geométrica e suas aplicações no entendimento da visão e nos processos de correção óptica. Esse aprofundamento visa estabelecer as conexões necessárias entre o conteúdo científico e sua aplicação pedagógica, contribuindo para a elaboração de propostas de ensino mais contextualizadas, acessíveis e integradas às necessidades reais dos estudantes.

3 O OLHO HUMANO E A ÓPTICA GEOMÉTRICA

3.1 Anatomia do Olho Humano

O olho humano pode ser considerado uma espécie de câmera biológica altamente sofisticada, com a capacidade de capturar e processar imagens do ambiente ao nosso redor. Nesse contexto, a esclerótica e a córnea desempenham papéis fundamentais na proteção e na transmissão da luz para o interior do globo ocular, de maneira semelhante ao corpo e à tela de uma televisão de modelo antigo (HENEINE, 2006). Neste tópico, serão descritos anatomicamente os principais componentes do olho humano.

Figura 1 – Estruturas do olho humano



Fonte: CCOlhos (adaptado pelos autores), 2024

A esclerótica, que dá forma ao globo ocular, é uma estrutura resistente que proporciona suporte e proteção aos tecidos internos. Ela desempenha um papel essencial na preservação e na integridade dos sistemas internos. Na parte frontal do globo ocular, a córnea é a primeira lente através da qual a luz entra no olho. Sua transparência e curvatura são cruciais para a focalização da imagem na retina e desempenham um papel central na formação da imagem.

Além de suas funções protetoras e ópticas, a esclerótica e a córnea também desempenham papéis complementares na adaptação do olho a diferentes condições ambientais e na regulação da quantidade de luz que entra no globo ocular, garantindo assim uma visão clara e confortável.

Internamente o olho humano é composto por duas câmaras principais: a câmara anterior e a câmara posterior. Essas câmaras são preenchidas por fluidos específicos que desempenham papéis essenciais no suporte estrutural, na nutrição e na manutenção da forma do globo ocular (HENEINE, 2006).

A câmara anterior é a região localizada entre a córnea, na parte frontal do olho, e a íris, a estrutura colorida que controla a quantidade de luz que entra no olho. Essa câmara é preenchida por um fluido claro chamado humor aquoso. O humor aquoso é produzido pelo corpo ciliar, uma estrutura localizada na periferia da íris. Ele é responsável por fornecer nutrientes para as estruturas avasculares do olho, como a córnea, e por manter a pressão intraocular adequada para suportar a forma esférica do globo ocular.

A câmara posterior é a região localizada entre a íris, na parte anterior, e a retina, na parte posterior do olho. Essa câmara é preenchida por um gel transparente chamado humor vítreo. O humor vítreo é uma substância gelatinosa composta principalmente por água e colágeno, que confere suporte estrutural ao globo ocular e mantém a forma esférica do olho. Ele também ajuda a manter a retina em contato com a coroide, a camada vascular que fornece oxigênio e nutrientes à retina.

Esses fluidos, o humor aquoso e o humor vítreo, desempenham papéis vitais na manutenção da saúde e da função do olho humano. Eles não apenas fornecem suporte estrutural e nutrição às diferentes estruturas oculares, mas também ajudam na transmissão de luz e na manutenção da pressão intraocular adequada. O equilíbrio dinâmico entre a produção e a drenagem desses fluidos é essencial para garantir uma visão adequada e a saúde ocular em geral. Destaque-se que há outras estruturas existentes no olho humano que são essenciais no seu funcionamento, como veremos a seguir.

A íris é a estrutura colorida do olho humano que controla a quantidade de luz que entra no globo ocular, atuando como uma espécie de diafragma natural (HENEINE, 2006). Ela consiste em um disco circular com um orifício no centro chamado de pupila, cujo diâmetro pode se contrair ou dilatar em resposta às variações de luminosidade do ambiente. Anatomicamente, a íris é composta por dois tipos de músculos lisos: os músculos esfínteres da pupila, que contraem a pupila em resposta à luz intensa (miose), e os músculos dilatadores da pupila, que dilatam a pupila em condições de baixa luminosidade (midríase). Além de sua função de controle da entrada de luz, a íris também confere a cor característica dos olhos humanos.

O cristalino é uma estrutura transparente e biconvexa, situada atrás da íris, fundamental para o processo de focagem visual. Composto principalmente por fibras organizadas em camadas concêntricas, sua principal função é ajustar o foco da visão através

do processo de acomodação (HENEINE, 2006). Quando os músculos ciliares ao redor do cristalino se contraem, este assume uma forma mais esférica, aumentando sua potência refrativa para focalizar objetos próximos, mas ao relaxarem, o cristalino se torna menos esférico, diminuindo sua potência refrativa para focalizar objetos distantes. Sua transparência é vital para permitir a passagem de luz sem dispersão ou absorção, garantindo a formação de imagens claras na retina. Alterações na transparência ou na forma do cristalino podem resultar em distúrbios visuais.

A retina, uma fina camada localizada na parte posterior do olho, é composta por diversos componentes essenciais para a percepção visual. Entre esses componentes, destacam-se os fotorreceptores, representados pelos cones e bastonetes, localizados na superfície da retina. Os cones são responsáveis pela visão de cores e estão concentrados principalmente na região central da retina, conhecida como mácula lútea, onde encontramos a fôvea central, uma pequena depressão que abriga o maior número de cones e proporciona a visão mais nítida. Já os bastonetes são responsáveis pela visão periférica e pela visão em condições de baixa luminosidade, estando distribuídos de maneira mais ampla por toda a retina, com exceção da região foveal.

Na retina, a mácula lútea, região onde a densidade de fotorreceptores é maior, é crucial para a acuidade visual e a percepção de detalhes finos, enquanto a fôvea central é o ponto de maior acuidade visual na retina, permitindo uma visão extremamente precisa de objetos em foco direto. Esses componentes anatômicos da retina trabalham em conjunto para fornecer uma visão detalhada e precisa do ambiente ao nosso redor.

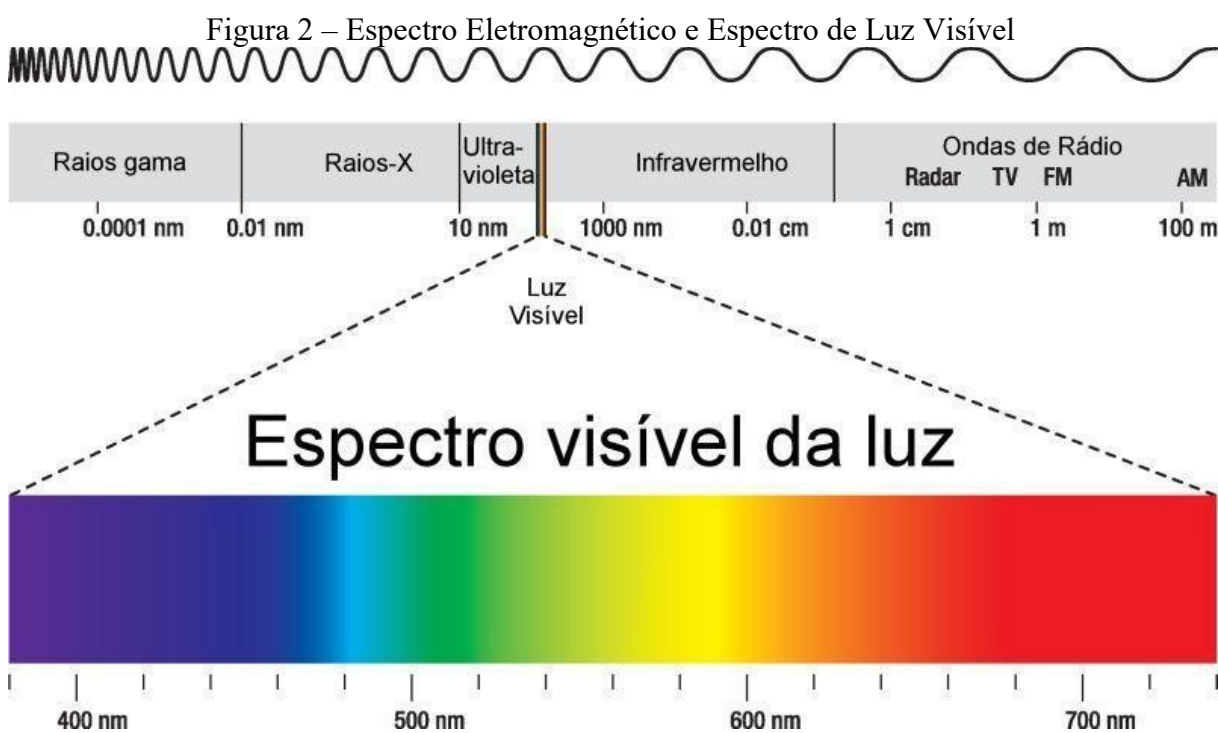
Localizado na retina, há também o disco óptico (ponto cego do olho), na região onde o nervo óptico emerge e deixa o olho para transmitir os sinais visuais ao cérebro. Nesse ponto, não há células fotorreceptoras, como cones ou bastonetes, responsáveis pela captura da luz e pela formação de imagens. Portanto, qualquer imagem projetada sobre o ponto cego não é detectada pelo olho e não é percebida conscientemente. No entanto, o cérebro possui mecanismos compensatórios que preenchem essa lacuna perceptiva, tornando o ponto cego geralmente imperceptível em condições normais de visão.

3.2 Biofísica do Olho Humano

A visão humana é um dos sistemas que desempenha funções sensoriais e apresenta aspectos biofísicos ímpares. O olho humano e seus acessórios refletem a complexidade intrínseca das interações entre a luz e os sistemas biológicos. Ao considerar a

dualidade onda-partícula da luz, nossa percepção visual assume um papel central na análise dessa dualidade (HENEINE, 2006).

Em sua natureza ondulatória, a luz é caracterizada por sua propagação como uma onda eletromagnética, que é essencial para a percepção visual. O espectro eletromagnético, que abrange desde as ondas longas de rádio até os raios γ (gama), é fundamental para nossa capacidade de enxergar. A luz visível, uma pequena porção desse espectro, situa-se entre a radiação infravermelha e a radiação ultravioleta, é especialmente relevante para nossa percepção visual, pois nossos olhos são sensíveis a essa faixa específica de comprimentos de onda. A frequência que percebemos está contida na faixa de 4×10^{14} Hz¹ (vermelho) e 7×10^{14} Hz (violeta), denominado espectro visível (GARCIA, 2002).



Fonte: Ilustração de Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

No entanto, a luz também exibe comportamento corpuscular, ou seja, pode ser entendida como partículas discretas chamadas fótons. Essa natureza da luz é fundamental para a compreensão de fenômenos como a absorção de fótons pelos fotorreceptores da retina. Os quais são absorvidos pelos cones e bastonetes da retina, desencadeando uma cascata de eventos bioquímicos que culmina na geração de sinais elétricos transmitidos ao cérebro.

Portanto, a visão humana não apenas é capaz de perceber a luz como uma onda eletromagnética, mas também é sensível à sua natureza corpuscular, permitindo-nos assimilar informações visuais essenciais para nossa experiência perceptiva. Essa capacidade única da

¹ Hz: Hertz

visão humana de tratar a luz em seus dois aspectos fundamentais, onda e partícula, exemplifica a complexidade e a sofisticação dos sistemas biológicos envolvidos na percepção visual. Neste trabalho discutiremos principalmente a natureza eletromagnética da luz, visto ser direcionado para o ensino de óptica geométrica, não desconsiderando sua natureza corpuscular, nem sua interdisciplinaridade com a bioquímica.

3.3 Principais defeitos da Visão

3.3.1 Miopia

A miopia, uma condição oftalmológica comum, é caracterizada por uma visão em que os objetos distantes aparecem desfocados, enquanto os objetos próximos são vistos perfeitamente. Essa condição é geralmente associada a um comprimento axial aumentado do globo ocular, aumento da curvatura da córnea ou potência refrativa inadequada do cristalino, o que leva a um erro refrativo. O fenômeno físico crucial envolvido na miopia é a refração da luz pelo sistema óptico do olho.

Com a mudança de meio de propagação do ar para as estruturas do olho, a luz sofre refração nos meios transparentes, a córnea e o cristalino. Em termos biofísicos, a miopia é resultado de um defeito de forma do globo ocular que causa uma aberração refrativa no sistema óptico do olho. No olho míope, a córnea ou o cristalino convergem a luz mais que o necessário, resultando em um foco da imagem antes da retina, em vez de ser sobre ela, como na visão normal. Isso faz com que objetos distantes pareçam desfocados (GARCIA, 2002).

Para ilustrar, imagine um projetor de slides que projeta uma imagem em uma tela. Se a lente do projetor não estiver ajustada corretamente, a imagem pode ficar desfocada. Da mesma forma, quando a luz entra em um olho míope, a imagem é formada antes da retina, levando a uma visão embaçada dos objetos distantes. Por isso, alunos míopes (quando não usam lentes corretivas) sentam nas carteiras mais próximas ao quadro e quando não o fazem não conseguem enxergar completamente.

3.3.2 Hipermetropia

A hipermetropia é uma condição oftalmológica comum, a qual se caracteriza por uma visão em que os objetos próximos aparecem desfocados, enquanto os objetos mais distantes são vistos perfeitamente. Ao contrário da miopia, essa condição é geralmente associada a um comprimento axial diminuído do globo ocular, o que também leva a um erro

refrativo, sendo também caracterizada como um defeito de forma. Ela também pode ser causada pela redução da curvatura da córnea ou pela potência refrativa inadequada do cristalino. Esta anomalia no sistema óptico do olho faz com que a luz seja focalizada, virtualmente, atrás da retina em vez de diretamente sobre ela, resultando em uma visão borrada ou pouco nítida de objetos próximos (GARCIA, 2002).

O mecanismo físico subjacente à hipermetropia é a divergência insuficiente dos raios de luz. Em indivíduos hipermétropes, a focalização da imagem além da retina pode ser corrigida com o uso de lentes convergentes, tais como óculos ou lentes de contato, que direcionam os raios de luz para focalizar adequadamente na retina, restaurando assim uma visão clara e nítida.

3.3.3 Presbiopia

A presbiopia é uma condição oftalmológica com resultados semelhantes à hipermetropia (comum em pessoas idosas), a também se apresenta por uma visão em que os objetos próximos são desfocados. No entanto, sua causa não está relacionada ao comprimento axial do globo ocular, mas sim ao envelhecimento natural dos indivíduos.

Com o avanço da idade, os músculos ciliares enfraquecem e o cristalino tem a elasticidade e a extensibilidade reduzidas. Por causa disso, surge a dificuldade de acomodação do olho para enxergar objetos próximos e a distância do *ponto próximo* se afasta do olho (GARCIA, 2002). Destaque-se que, *ponto próximo* na visão humana é o ponto mais próximo em relação aos olhos onde um objeto pode ser focado com clareza sem causar tensão ocular excessiva. Em outras palavras, é a distância mínima na qual o olho consegue focalizar um objeto de forma nítida. Assim como na hipermetropia, na presbiopia o foco da imagem é além da retina, e pode ser corrigido com lentes convergentes (geralmente bifocais ou multifocais).

A presbiopia não é um defeito da visão que possa ser encontrado entre alunos de ensino fundamental (por ser relacionada ao avanço da idade), mas certamente é comum entre seus familiares e os mesmos devem ter contato com as lentes bifocais ou multifocais utilizadas para correção da presbiopia.

3.3.4 Astigmatismo

O astigmatismo é uma condição oftalmológica que afeta a forma da córnea ou, raramente, do cristalino. Nesta condição, a córnea tem um formato irregular e apresenta

diferença no raio de curvatura em alguns locais, por isso, os raios de luz não convergem em um foco comum, resultando em uma visão distorcida ou borrada (GUYTON; HALL, 2006).

Ao contrário da córnea (ou do cristalino) em forma de esfera perfeita, indivíduos com astigmatismo possuem uma córnea ou cristalino que apresenta uma forma mais ovalada ou irregular. Esta irregularidade na curvatura óptica causa uma assimetria no modo como os raios de luz são refratados, levando a diferentes pontos focais para diferentes meridianos do olho. Como resultado, os objetos podem parecer distorcidos ou desfocados, tanto de perto quanto de longe. Como o poder de acomodação do olho não tem capacidade de compensar o astigmatismo, o mesmo é corrigido com a utilização de lentes cilíndricas (GARCIA, 2002).

Em uma pessoa com astigmatismo, em vez de convergir para um único ponto focal, os raios de luz são dispersos em diferentes direções, o que resulta numa visão distorcida. Podendo apresentar visão embaçada, distorcida ou dupla, desconforto ocular, fadiga visual e dores de cabeça. O astigmatismo pode ser corrigido com o uso de lentes cilíndricas especiais que compensam a curvatura irregular da córnea ou do cristalino, permitindo uma visão mais clara e nítida.

Os sintomas do astigmatismo, assim como de outros defeitos da visão podem atrapalhar a vida escolar dos alunos no ensino fundamental, resultando em dificuldades de aprendizagem, por isso, é muito importante que estas anomalias sejam identificadas e tratadas com as lentes corretivas, conforme cada caso.

3.4 Óptica Geométrica

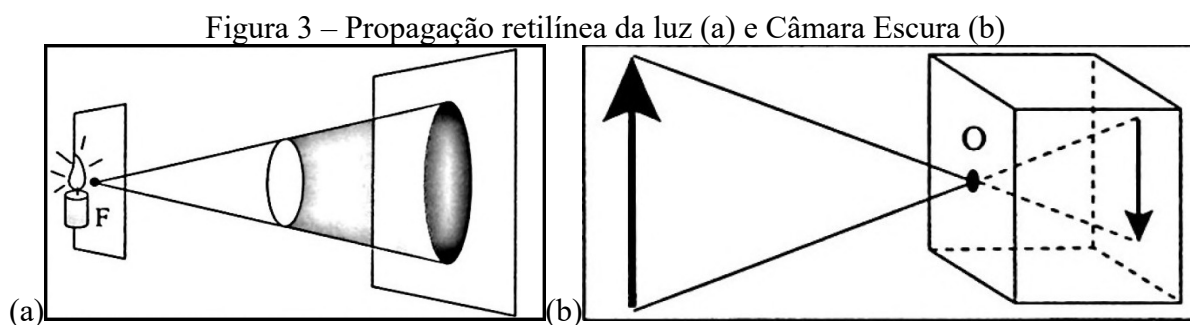
3.4.1 Propagação Retilínea da Luz

A propagação retilínea da luz é um dos princípios fundamentais da óptica geométrica. Esse conceito estabelece que a luz se propaga em linha reta em um meio homogêneo e transparente, a menos que encontre um obstáculo ou mude de meio, como ao passar de ar para água, por exemplo.

Quando a luz se propaga em um meio homogêneo, suas ondas se espalham em todas as direções, mas, devido à sua alta frequência e curto comprimento de onda, a luz visível viaja em linha reta na maioria das situações. Esse comportamento é fundamental para entender a formação de sombras, a trajetória dos raios de luz em sistemas ópticos e muitos outros fenômenos.

A propagação retilínea da luz é um dos pilares da óptica geométrica e é essencial para compreendermos como a luz interage com os objetos e como ela forma imagens. Neste

fenômeno, observa-se que, um obstáculo opaco iluminado por uma fonte F puntiforme projeta uma sombra de contornos bem nítidos, definidos pela propagação retilínea (Figura 3a). E de semelhante forma, numa câmara escura (Figura 3b), uma imagem invertida do objeto é formada (NUSSENZVEIG, 2014).



Fonte: NUSSENZVEIG, 2014.

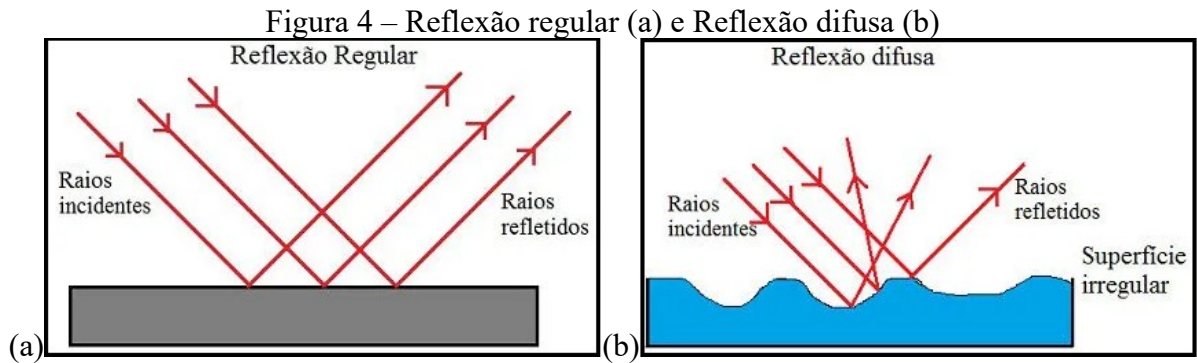
Assim como a câmara escura representa uma forma primitiva de aparelho fotográfico, a analogia com a câmara escura é frequentemente utilizada para explicar o funcionamento básico do olho humano. Semelhante a uma câmara escura, o olho humano possui uma abertura (a pupila) que controla a quantidade de luz que entra, uma lente (o cristalino) que foca a luz e uma superfície sensível à luz (a retina) onde a imagem é formada.

No entanto, é importante ressaltar que o olho humano é um órgão extremamente complexo, com muitos outros elementos e processos envolvidos, tais como acomodação do cristalino, adaptação à luminosidade, processamento neural das informações visuais e muito mais. Portanto, embora a comparação com a câmara escura seja útil para entender o princípio básico de formação de imagens no olho, o funcionamento e a fisiologia do olho humano vão muito além desse modelo simplificado.

3.4.2 Reflexão

A reflexão é um fenômeno óptico que ocorre quando a luz incide sobre uma superfície e retorna ao meio original, mantendo algumas propriedades, como intensidade luminosa, cor e polarização. Esse fenômeno pode ser classificado em duas categorias: reflexão regular (ou especular) e reflexão difusa.

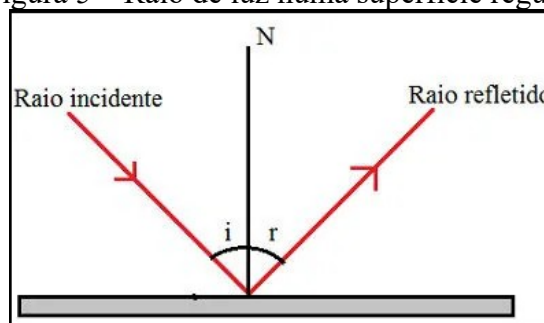
Na reflexão regular, a luz incide sobre uma superfície lisa e polida, como um espelho, e reflete de forma organizada, preservando a direção e formando imagens nítidas. Por outro lado, na reflexão difusa, a luz incide sobre uma superfície irregular, como uma parede áspera, e reflete em várias direções, resultando em uma dispersão da luz e na perda da nitidez da imagem (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).



Fonte: TEIXEIRA, 2024

A Lei da Reflexão estabelece que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão (Figura 5), ou seja, a luz refletida forma o mesmo ângulo com a normal (a linha perpendicular à superfície) que a luz incidente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Esse princípio é fundamental para compreendermos como as imagens são formadas em espelhos planos e outros sistemas ópticos.

Figura 5 – Raio de luz numa superfície regular



Fonte: TEIXEIRA, 2024

3.4.3 Refração

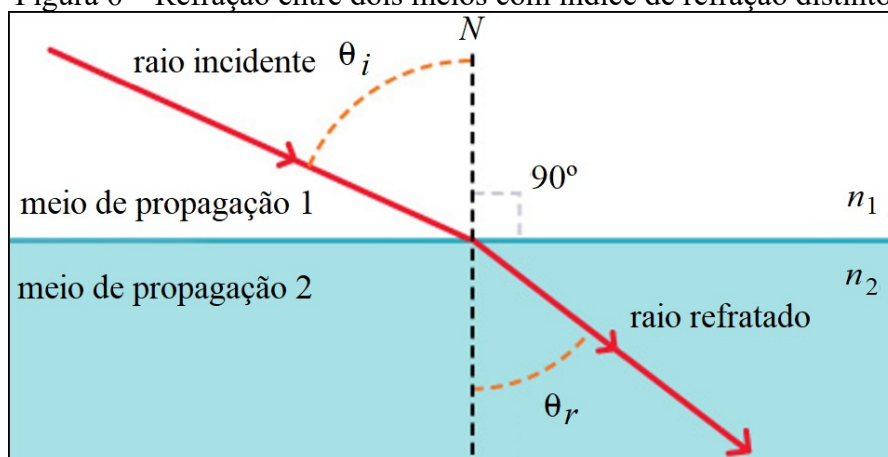
A refração é um fenômeno óptico que ocorre quando a luz atravessa a interface entre dois meios transparentes com diferentes índices de refração, como o ar e a água. Quando isso acontece, a velocidade da luz muda, o que causa a mudança de direção do raio luminoso.

A Lei de Snell-Descartes descreve matematicamente a refração, estabelecendo que o ângulo de incidência e o índice de refração dos meios estão relacionados ao ângulo de refração pela fórmula

$$n_1 \cdot \sin(\theta_i) = n_2 \cdot \sin(\theta_r)$$

na qual, n_1 corresponde ao índice de refração do meio 1 e n_2 ao índice de refração do meio 2 e θ_i e θ_r são os ângulos de incidência e refração, respectivamente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Figura 6 – Refração entre dois meios com índice de refração distinto



Fonte: Próprio autor, 2024

Um exemplo clássico desse fenômeno é quando observamos uma colher parcialmente submersa em um copo d'água. A parte da colher dentro da água parece estar quebrada ou deslocada devido à refração da luz ao passar da água para o ar.

A refração é um fenômeno fundamental em diversas aplicações, como lentes ópticas, prismas, formação de arco-íris e muitos outros.

3.5 Óptica Geométrica na Visão Humana

O funcionamento adequado da visão humana é regido principalmente pelo fenômeno da refração e processos relacionados. Os quais são fundamentais para o funcionamento eficaz da visão humana, garantindo que os objetos sejam percebidos de forma nítida e precisa em diferentes distâncias e condições de iluminação.

3.5.1 A refração dos componentes oculares

No olho humano a refração ocorre em quatro interfaces ópticas: a córnea, o humor aquoso, o cristalino e o humor vítreo. A luz proveniente de um objeto distante passa através da córnea e do humor aquoso, onde sofre refração, sendo direcionada para a pupila, tendo a quantidade de luz controlada pela íris. Em seguida, ela atravessa o cristalino, onde sua direção é ajustada para focalizar uma imagem nítida sobre a retina.

A córnea é a primeira estrutura que a luz atravessa ao entrar no olho. Ela e o humor aquoso são os responsáveis, praticamente, pela capacidade total de refração do olho. A córnea tem um índice de refração relativamente alto, o que faz com que a luz seja refratada quando passa por ela. O humor aquoso é um líquido transparente que preenche a câmara anterior do olho, localizado entre a córnea e a íris (e o cristalino). Além de contribuir, junto à córnea, com a refração do olho, sua função principal é manter a pressão intraocular e fornecer nutrientes para as estruturas oculares.

Nesse processo, o cristalino, uma lente biconvexa flexível localizada atrás da íris e do humor aquoso, é responsável por ajustar o foco da imagem na retina, o que é crucial para a visão nítida em diferentes distâncias (processo conhecido como acomodação). A capacidade de refração do cristalino é ajustável devido à sua flexibilidade, o que permite focar objetos a diferentes distâncias. Embora o humor vítreo não tenha papel relevante na refração, ele é um meio de propagação para a luz que passa através dele após ser refratada pelo cristalino.

Quando a luz passa por essas estruturas, sua trajetória é refratada devido às diferenças nos índices de refração entre os meios. Isso é essencial para a formação de uma imagem nítida na retina. O objetivo final desse processo é garantir que a luz seja focalizada precisamente na retina, onde as células fotossensíveis convertem o estímulo luminoso em impulsos nervosos que são transmitidos ao cérebro para processamento visual. Qualquer irregularidade na refração pode resultar em problemas de visão, como miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo.

3.5.2 Formação da imagem invertida

A formação de uma imagem invertida sobre a retina é um fenômeno intrínseco ao processo óptico do olho humano e está fundamentado na anatomia e nas propriedades refrativas das estruturas oculares. Para entender essa peculiaridade, devemos considerar o trajeto da luz através do sistema óptico ocular.

Em síntese, quando a luz incide sobre o olho, passa inicialmente pela córnea, em seguida, a luz atravessa o humor aquoso, mantendo seu caminho refratado até alcançar o cristalino. O cristalino, devido à sua capacidade de acomodação, ajusta seu poder refrativo para focalizar a imagem no ponto focal da retina, localizada na parede posterior do olho. No entanto, a luz que emerge do cristalino é invertida devido à curvatura das superfícies refrativas.

Esta inversão da imagem é uma consequência direta da trajetória dos raios luminosos convergentes, resultando em uma projeção invertida da imagem sobre a retina.

Pois, de acordo com os princípios da óptica geométrica, a luz que passa através de uma lente convergente (como o cristalino) forma uma imagem invertida em relação ao objeto. Esta imagem invertida é então projetada sobre a retina, onde é posteriormente convertida em impulsos elétricos que são transmitidos ao cérebro através do nervo óptico.

3.5.3 Acomodação visual e ponto de convergência

A acomodação visual é um processo essencial para a focalização de objetos em diferentes distâncias. Este processo é controlado pelos músculos ciliares, que alteram a forma do cristalino para ajustar seu poder refrativo. Quando o objeto está próximo, os músculos ciliares relaxam, permitindo que o cristalino se torne mais convexo para aumentar seu poder de refração. Quando o objeto está distante, os músculos ciliares se contraem, fazendo com que o cristalino se torne mais plano para diminuir seu poder de refração.

Para uma visão clara e nítida, os raios de luz de cada ponto do objeto devem convergir para um único ponto focal na retina. Isso é alcançado através da ação coordenada da córnea, do cristalino e dos músculos oculares, garantindo que a imagem seja focalizada adequadamente. A retina contém dois tipos principais de fotorreceptores responsáveis pela captação de luz e pela transmissão de informações visuais ao cérebro: os cones e os bastonetes. Os cones são sensíveis à luz intensa e cores, enquanto os bastonetes são mais sensíveis a baixos níveis de luz e são responsáveis pela visão periférica e pela visão em condições de pouca luz.

Quando a imagem está corretamente convergida na retina, os fotorreceptores podem capturar de forma eficiente os estímulos luminosos correspondentes aos diferentes elementos da cena visual. Isso é fundamental para uma visão nítida e detalhada, permitindo a percepção precisa de formas, cores e detalhes. Além disso, a correta convergência da imagem na retina é essencial para o funcionamento adequado do sistema visual como um todo. As células da retina convertem a informação luminosa em sinais elétricos, que são então transmitidos ao longo do nervo óptico até as áreas visuais do cérebro para processamento e interpretação.

3.6 Óptica Geométrica na Correção dos Defeitos da Visão

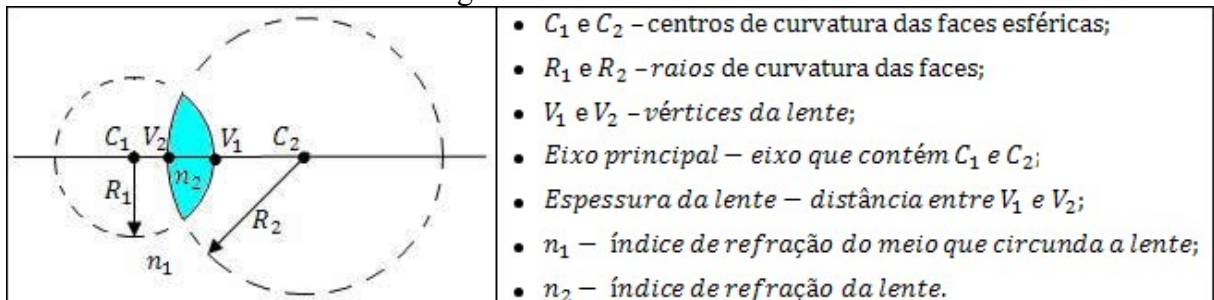
Uma lente é um dispositivo óptico transparente com, pelo menos, uma superfície curva que é capaz de refratar a luz. Elas são utilizadas para focalizar a luz, ou seja, para

direcionar os raios de luz de forma a criar imagens nítidas de objetos. Além disso, há uma variedade de aplicações das lentes em sistemas ópticos, incluindo óculos, microscópios, telescópios, câmeras fotográficas e outros dispositivos ópticos complexos (HECHT, 2017). Discutiremos neste subtópico sobre as lentes esféricas, as quais são aplicadas para a correção dos defeitos da visão.

As lentes esféricas são lentes cujas fronteiras são duas superfícies esféricas ou uma superfície esférica e uma superfície plana, as quais são chamadas de faces da lente. Segue a caracterização dos tipos de lente, conforme sua estrutura, sendo estas as de maior importância no estudo de óptica.

Lente Biconvexa – Possui ambas as faces convexas e tem a periferia mais fina que a região central (Figura 7).

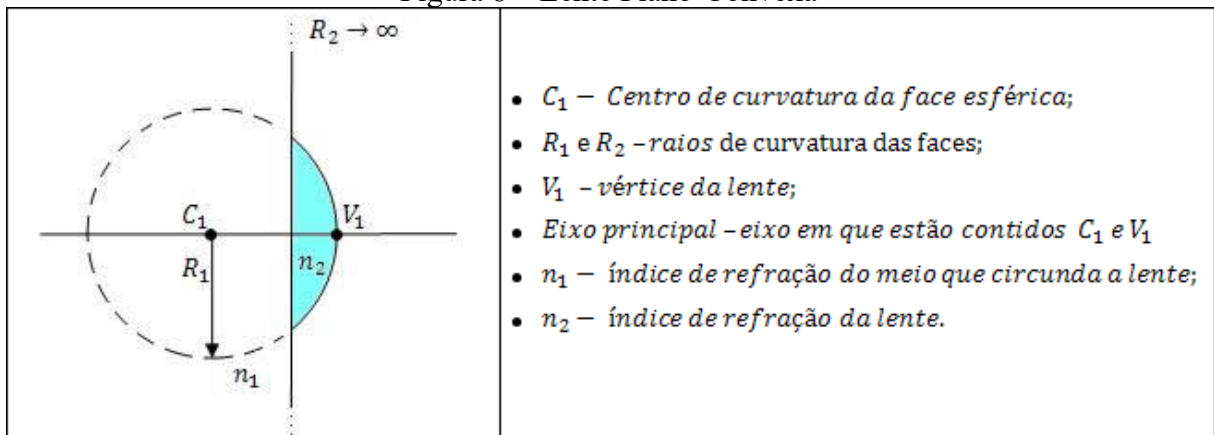
Figura 7 – Lente Biconvexa



Fonte: Só Física, 2008 – 2024

Lente Plano-Convexa – Possui uma das faces plana e a outra convexa e tem a periferia mais fina que a região central (Figura 8).

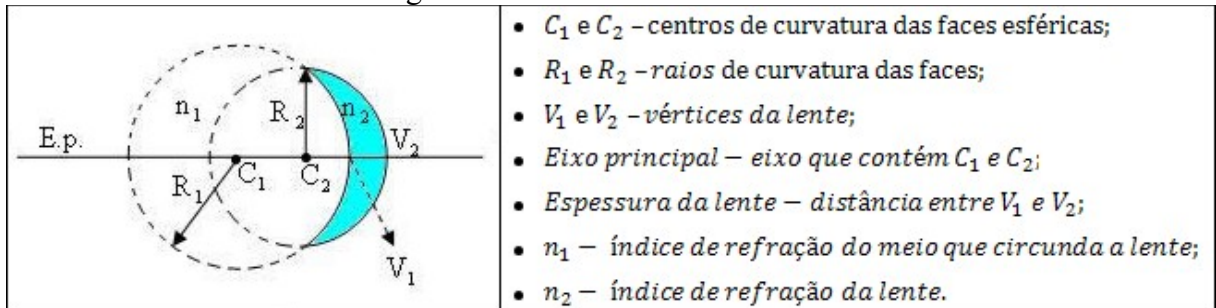
Figura 8 – Lente Plano-Convexa



Fonte: Só Física, 2008 – 2024

Lente côncavo-convexa – Possui uma de suas faces côncava e outra convexa, tem a periferia mais fina que a região central (Figura 9).

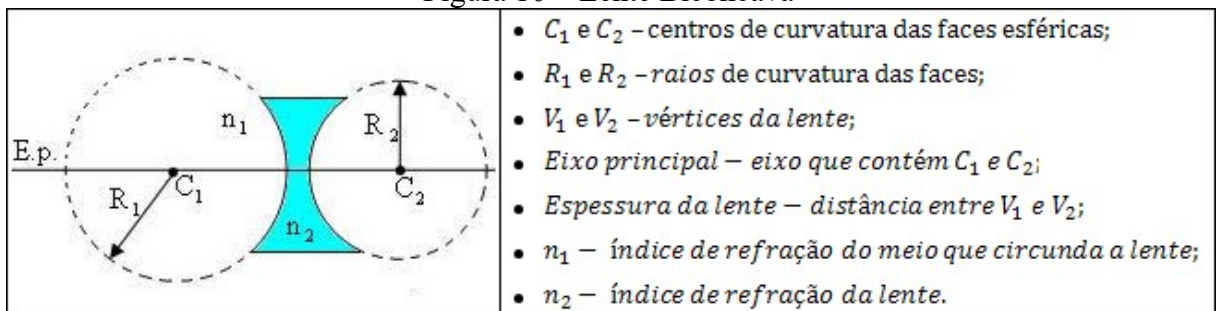
Figura 9 – Lente Côncavo-Convexa



Fonte: Só Física, 2008 – 2024

Lente Bicôncava – Possui ambas as faces côncavas e tem a periferia mais espessa que a região central (Figura 10).

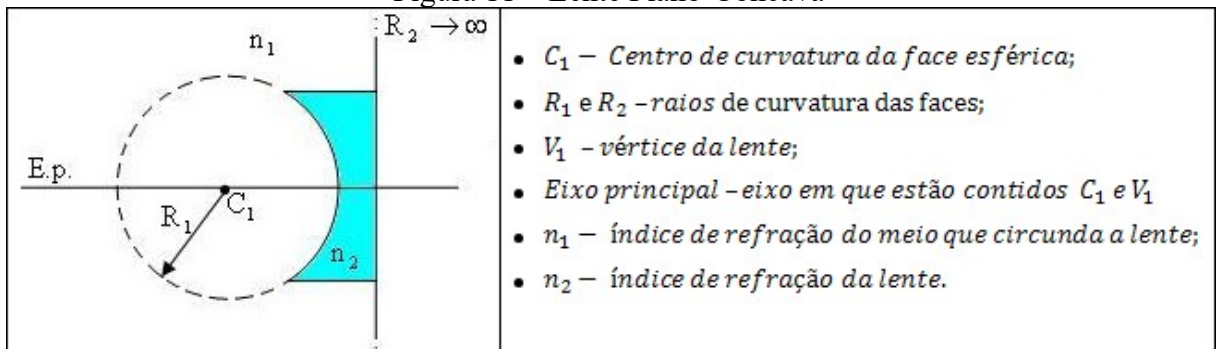
Figura 10 – Lente Bicôncava



Fonte: Só Física, 2008 – 2024

Lente Plano-Côncava – Possui uma das faces côncava e a outra plana e tem a periferia mais espessa que a região central (Figura 11).

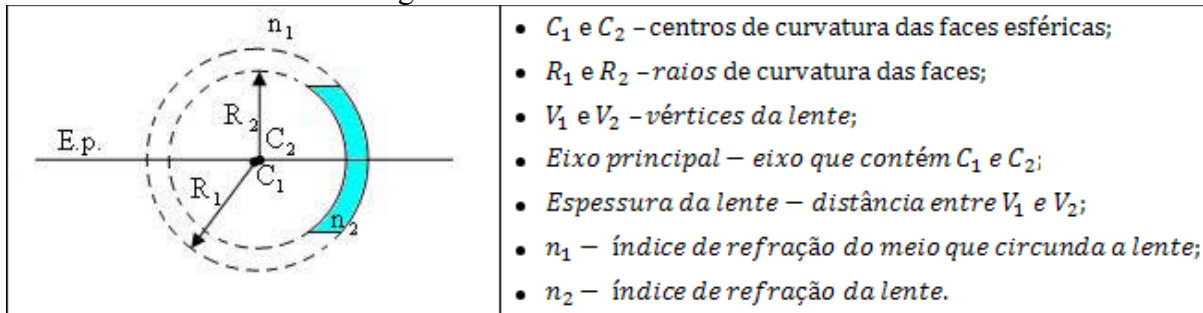
Figura 11 – Lente Plano-Côncava



Fonte: Só Física, 2008 – 2024

Lente Convexo-Côncava – Possui uma das faces convexa e a outra côncava e tem a periferia mais espessa que a região central (Figura 12).

Figura 12 – Lente Convexo-Côncava



Fonte: Só Física, 2008 – 2024

As lentes de correção utilizadas para tratar defeitos de visão baseiam-se no princípio da refração da luz, o mesmo princípio dos componentes naturais do olho humano. Quando a luz passa através de uma lente com curvatura, ela muda de direção de acordo com a lei de Snell-Descartes (rever ítem 2.4.1). Para corrigir defeitos de visão, as lentes refratam os raios de luz de maneira a focalizá-los corretamente na retina, produzindo uma imagem clara.

Para indivíduos com miopia, são usadas lentes divergentes, que espalham os raios de luz antes que eles atinjam o olho. A lente mais comum usada para corrigir a miopia é a lente bicôncava (rever Figura 10). Quando os raios de luz passam através dela, a divergência gerada ajuda a compensar a focalização excessiva da imagem que ocorre antes da retina (foco real à frente da retina), que é a característica da miopia.

Para indivíduos com hipermetropia, são usadas lentes convergentes, que aproximam os raios de luz antes que eles atinjam o olho. A lente mais comum usada para corrigir a hipermetropia é a lente biconvexa (rever Figura 7). Quando os raios de luz passam através dela, a convergência gerada ajuda a compensar a focalização excessiva da imagem que ocorre após a retina (foco virtual atrás da retina), que é a característica da hipermetropia.

Para corrigir a presbiopia, que é a perda da capacidade de focalizar objetos próximos devido ao envelhecimento do cristalino, são utilizadas lentes multifocais ou bifocais. Essas lentes têm diferentes zonas de foco para visão de perto e de longe, permitindo que o usuário enxergue com clareza em diferentes distâncias. As lentes bifocais têm duas regiões distintas: uma região superior para visão de longe e uma região inferior para visão de perto. A região inferior geralmente é convexa para permitir a convergência dos raios de luz para a visão de perto. As lentes progressivas têm uma transição suave entre diferentes zonas de focalização, variando gradualmente de uma região para outra. Elas não têm uma linha divisória visível entre as zonas de visão de longe e de perto.

Para corrigir o astigmatismo, são utilizadas lentes cilíndricas que possuem diferentes curvaturas em direções específicas. Isso permite que os raios de luz sejam refratados de forma diferente em diferentes meridianos, corrigindo a distorção da imagem causada pelo astigmatismo.

A potência das lentes de correção é medida em dioptrias e é determinada de acordo com a necessidade específica de cada indivíduo. Uma lente mais forte é usada para corrigir defeitos de visão mais graves, enquanto uma lente mais fraca é usada para correções menos significativas. A escolha da lente adequada depende do tipo e da gravidade do defeito de visão de cada pessoa.

Portanto, a compreensão dos fundamentos da óptica geométrica e sua relação direta com o funcionamento do olho humano e seus principais defeitos se mostra essencial para a construção de propostas pedagógicas contextualizadas e interdisciplinares no ensino de Ciências. Este capítulo contribui de forma decisiva para a pesquisa ao fornecer a base conceitual necessária para o desenvolvimento da sequência didática proposta, permitindo a articulação entre conteúdos da Física e situações vivenciadas no cotidiano dos estudantes.

O próximo capítulo é dedicado à descrição do produto educacional. Trata-se de uma sequência didática voltada ao ensino de óptica no ensino fundamental, com ênfase na abordagem interacionista e no uso de modelos didáticos que relacionam os conceitos físicos à compreensão dos defeitos da visão. O capítulo está organizado em duas seções principais. Na primeira, intitulada “Apresentação do Produto Educacional”, são explicitadas as características gerais da proposta, seus objetivos, público-alvo, fundamentos teóricos e estrutura didática. Na segunda, “Desenvolvimento do Produto Educacional”, são detalhadas as etapas da sequência, os materiais utilizados, as estratégias de mediação pedagógica e a lógica de organização das atividades.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 Apresentação do Produto Educacional

O produto educacional apresenta uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica geométrica no ensino fundamental a partir dos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos. Essa sequência abordará conceitos de óptica, anatomia do olho humano, doenças da visão, correção de defeitos visuais e, quando apropriado, destaca aspectos relacionados à química no funcionamento ocular. Essa sequência didática proporciona uma abordagem interdisciplinar que combina conceitos de física, anatomia, biologia e química, permitindo aos alunos compreenderem a complexidade dos defeitos da visão e como eles podem ser corrigidos, enquanto estudam a óptica geométrica. Além disso, o uso de modelos didáticos ajuda a tornar os conceitos ópticos mais tangíveis e compreensíveis. Essa sequência didática é proposta para ser desenvolvida em seis aulas.

Nesta perspectiva, propõe-se um produto educacional que aborda a óptica geométrica a partir dos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos a fim, não só de enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, mas também contribuir para a formação de alunos mais críticos, criativos e preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Este trabalho é relevante, diante dos desafios educacionais atuais, por conectar a teoria científica a fenômenos cotidianos e concretos, facilitando a compreensão dos alunos. Além disso, a utilização de defeitos da visão como ponto de partida para o ensino de óptica geométrica permite integrar diferentes áreas do conhecimento, como a biologia (estudo do olho humano e seus defeitos), a física (conceitos de óptica), a química (na manutenção do olho e processamento da imagem) e ciências correlatas como biofísica, bioquímica e neuroanatomia, promovendo uma perspectiva mais abrangente e contextualizada do tema.

O uso de modelos didáticos, diante da falta de laboratórios, permite que os alunos investiguem e experimentem os conceitos de óptica geométrica de forma prática e visualmente atrativa. Isso estimula a curiosidade, a observação e a experimentação, aspectos fundamentais para a construção do conhecimento. Além disso, a abordagem interdisciplinar e o uso de modelos didáticos podem facilitar a compreensão de alunos com diferentes estilos de aprendizagem, incluindo aqueles com dificuldades específicas, proporcionando oportunidades de aprendizado mais acessíveis e inclusivas.

O produto educacional foi desenvolvido para ser aplicado parcial ou totalmente, contemplando as aulas que o professor considerar pertinentes em função do contexto

educacional e do planejamento do ensino de óptica geométrica na disciplina de física ou ciências.

4.2 Desenvolvimento do Produto Educacional

Neste subtópico será descrito como o professor deve desenvolver a sequência didática proposta no produto educacional. Cabe destacar que o professor é incentivado a buscar fontes adicionais de pesquisas, tais como livros didáticos, artigos científicos e sites educacionais especializados.

A **primeira aula** foi planejada a fim de apresentar a anatomia do olho por meio de modelos didáticos, destacando a sua relação com a formação de imagens para desenvolver o entendimento da óptica geométrica envolvida no sistema visual humano. Nesta aula serão estudados a anatomia do olho humano a fim de explorar os principais componentes do olho e entender seu papel na captação de luz.

Para o bom desenvolvimento desta aula é preciso que o professor siga o planejamento da *Aula 1: Anatomia do olho e função de seus componentes*, a seguir, o qual traz as orientações relacionadas à problematização, justificativa, objetivos da aula, recursos necessários, metodologia e avaliação. Conheça as estruturas intrínsecas do olho humano e produza um modelo didático similar ao produzido para a aplicação desta sequência didática, caso a escola não tenha modelo anatômico. Bem como, se aproprie das informações adicionais fornecidas. A descrição desta aula na sequência didática proposta, as orientações para a produção do modelo didático e o resumo do funcionamento do olho humano também estão descritas no item 4.2, Apêndice A e Apêndice B do Produto Educacional, respectivamente.

AULA 1: ANATOMIA DO OLHO E FUNÇÃO DE SEUS COMPONENTES
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problematização: Como a luz entra no olho e como o cérebro interpreta as imagens?
Justificativa: É fundamental que os alunos conheçam a anatomia do olho e seu funcionamento, para obter uma base sólida e um contexto valioso para o estudo da óptica. Isso não apenas torna o aprendizado mais envolvente e relevante, mas também capacita os alunos a compreender e apreciar os fenômenos ópticos em um nível mais profundo. Este plano de aula proporcionará aos alunos uma compreensão fundamental da anatomia do olho humano e como cada componente desempenha um papel importante na captação de luz, contribuindo para a visão.
Objetivos: Apresentar aos alunos a anatomia do olho humano por meio de modelos didáticos. Explorar os principais componentes do olho e entender seu papel na captação de luz.

Recursos Necessários:

Modelos didáticos do olho humano - pode ser uma representação tridimensional ou ilustrações.

Sugestão: Produzir um modelo didático similar ao do **Apêndice A** do Produto Educacional (caso a escola não tenha modelo anatômico)

Quadro branco

Pincel ou marcadores coloridos

Metodologia:**1. Introdução (5 minutos):**

Iniciar a aula introduzindo o tópico da anatomia do olho e seu papel na visão.

Destacar a importância de compreender a estrutura do olho para apreciar como a visão funciona.

2. Apresentação dos Modelos Didáticos (15 minutos):

Apresentar os modelos didáticos do olho humano. Se disponíveis, usar modelos tridimensionais para uma demonstração mais eficaz (*apêndice 1*). Explicar que esses modelos representam a estrutura interna do olho. Realizar uma observação guiada dos modelos, destacando as principais partes, como a córnea, íris, pupila, cristalino, retina, disco óptico, coróide e esclera.

Encorajar os alunos a fazer perguntas sobre as partes que estão vendo.

3. Explicação dos Principais Componentes (20 minutos):

No quadro branco, explicar as funções dos principais componentes do olho, conforme identificados nos modelos.

Destacar as funções específicas, como a córnea que ajuda a direcionar a luz para o interior do olho, a íris que controla a quantidade de luz que entra, o cristalino que foca a luz na retina, a retina onde a luz é convertida em sinais elétricos, o disco óptico por onde os sinais saem para o cérebro, a coróide que fornece suprimento de sangue e a esclera, que protege o olho.

Usar cores diferentes para destacar cada parte e suas respectivas funções.

4. Discussão e Perguntas (5 minutos):

Abrir um espaço para perguntas dos alunos. Encorajar os mesmos a esclarecer dúvidas ou a pedir mais informações sobre qualquer parte da anatomia do olho.

Incentivar a participação dos alunos, perguntando-lhes se já ouviram falar de alguma condição ocular relacionada a essas estruturas.

5. Encerramento (5 minutos):

Recapitular os principais pontos da aula, reforçando a importância de compreender a estrutura do olho para a compreensão da visão.

Incentivar os alunos a continuarem explorando o tema da visão e da anatomia ocular em casa ou na biblioteca, se estiverem interessados.

6. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

1. Explique como a estrutura anatômica do olho humano contribui para a formação de imagens. Cite pelo menos três componentes do olho e descreva seu papel na óptica geométrica.

2. Após a aula, reflita sobre o modelo didático que foi utilizado para apresentar a anatomia do olho. Quais foram os pontos fortes e as limitações desse modelo em ajudar você a entender a relação entre a anatomia ocular e a formação de imagens?

3. Durante a aula, nas interações com os demais alunos, quais conceitos sobre a óptica geométrica foram discutidos e como a interação entre os colegas ajudou a aprofundar sua compreensão? Dê exemplos de como a interação entre sala de aula facilitou a construção do conhecimento sobre a anatomia do olho e sua função na visão.

Modelo Didático – Estrutura do Olho Humano

Figura 13 – Modelos didáticos a serem produzidos (caso a escola não tenha modelo anatômico)



1 – Córnea (não representada no modelo 1); 2 – Humor Aquoso (não representado no modelo 1 e vazio no modelo 2); 3 – Íris; 4 – Pupila; 5 – Cristalino (representado com acrílico); 6 – Músculos Ciliares; 7 – Retina (não pintada no modelo 1, para destacar os músculos ciliares); 8 – Esclera; 9 – Coróide. Obs.: O humor vítreo não está representado.

Fonte: Fotos organizadas pelo autor, 2023.

Informações adicionais ao professor (definição dos componentes do olho e suas funções)

Córnea: A córnea é a parte frontal e transparente do olho. Ela desempenha um papel fundamental na refração da luz para a superfície da retina.

Íris: A íris é a parte colorida do olho que controla a quantidade de luz que entra no olho, ajustando o tamanho da pupila.

Pupila: A pupila é a abertura no centro da íris. Ela regula a quantidade de luz que atinge a retina, expandindo-se em condições de baixa luminosidade e contraindo-se em condições de alta luminosidade.

Cristalino: O cristalino é uma lente flexível que foca a luz na retina, permitindo que o olho ajuste o foco para objetos próximos e distantes.

Retina: A retina é a camada sensível à luz na parte de trás do olho. Ela contém células fotorreceptoras, os cones e bastonetes, que convertem a luz em sinais elétricos para o cérebro.

Cones e Bastonetes: Os cones permitem a visão de cores e a detecção de detalhes, enquanto os bastonetes são sensíveis à luz fraca e são responsáveis pela visão periférica e noturna.

Mácula: A mácula é uma área na retina rica em cones e é responsável pela visão central e nítida.

Disco Óptico (Papila Óptica): O disco óptico é o local onde o nervo óptico emerge da retina e é responsável por transmitir os sinais visuais para o cérebro.

Coróide: A coróide é uma camada vascular localizada entre a retina e a esclera (a parte branca do olho). Ela fornece nutrientes à retina e regula o fluxo sanguíneo ocular.

Esclera: A esclera é a camada branca e resistente do olho que protege o interior do olho e dá forma a ele.

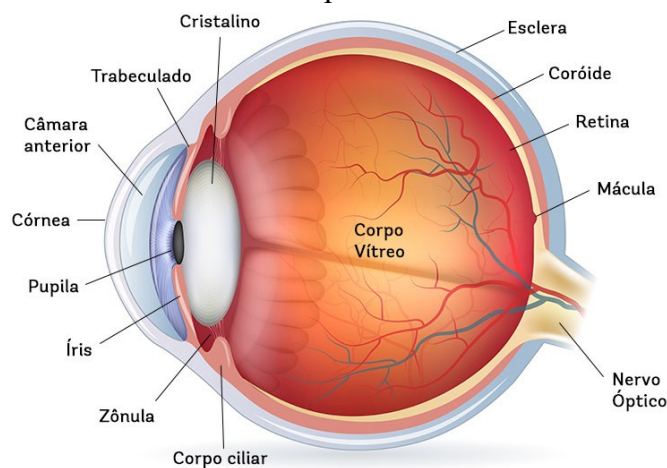
Resumo do funcionamento do olho humano

O funcionamento do olho humano inicia-se com a córnea, uma camada transparente na parte frontal do olho, que desempenha um papel crucial na refração da luz. A luz entra no olho através da córnea e do cristalino, uma lente flexível localizada atrás da íris. A íris, a parte colorida do olho, regula a quantidade de luz que entra, ajustando o tamanho da pupila. A luz focalizada pelo cristalino forma uma imagem invertida na retina, localizada na parte posterior do olho. A retina contém células fotorreceptoras especializadas chamadas bastonetes e cones, que convertem a luz em sinais elétricos. Os bastonetes são sensíveis à luz ambiente e são responsáveis pela visão em condições de baixa luminosidade, enquanto os cones são sensíveis às cores e trabalham melhor em condições de iluminação mais intensa.

Os sinais elétricos gerados pelos fotorreceptores são transmitidos ao longo do nervo óptico até o cérebro. Antes de atingirem o cérebro, esses sinais passam pelo ponto cego, onde o nervo óptico deixa a retina. O cérebro interpreta esses sinais como uma imagem visual tridimensional, integrando informações dos dois olhos para proporcionar uma percepção de profundidade. Além disso, a **acomodação** é um processo pelo qual o cristalino altera sua forma para focalizar objetos em diferentes distâncias. Isso é controlado pelos músculos ciliares, que ajustam a curvatura do cristalino para manter a nitidez da imagem.

Essa descrição abrange os aspectos biofísicos fundamentais do funcionamento normal do olho humano, destacando a interação complexa entre as estruturas oculares para possibilitar a visão. Vale ressaltar que este é um resumo simplificado e que o olho humano envolve uma série de processos mais detalhados e intrincados.

Figura 14 – Corte medial do olho para destacar as estruturas (plano sagital)



Fonte: imagem livre na internet, 2023.

A **segunda aula** foi planejada para identificar problemas de visão mais comuns e entender como eles afetam a visão humana, para reconhecer a importância do cuidado com a saúde ocular. Nesta aula serão estudados os defeitos da visão relacionados à formação da imagem, tais como miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo, conforme planejamento da *Aula 2: Compreendendo os defeitos da visão*, desta sequência didática. O qual traz as orientações relacionadas à problematização, justificativa, objetivos da aula, recursos necessários, metodologia utilizada e avaliação. *Estas informações também estão disponíveis no item 4.2 do Produto Educacional.*

AULA 2: COMPREENDENDO AOS DEFEITOS DA VISÃO
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problematização: Como a visão desempenha um papel crucial em nossa vida cotidiana e

quais são os principais defeitos que podem afetar nossa saúde ocular? Vocês conhecem alguém com algum problema de visão? <i>(pergunte aos alunos)</i>
Justificativa: A visão é um dos sentidos mais importantes, e sua importância na vida cotidiana é inquestionável. Compreender os defeitos de visão e a necessidade de cuidar da saúde ocular é fundamental para a qualidade de vida. Este plano de aula proporciona uma introdução à importância da visão e aos defeitos de visão comuns, incentivando os alunos a refletirem sobre a importância de cuidar de sua saúde ocular.
Objetivos: Compreender a importância da visão no cotidiano e no contexto da saúde. Identificar exemplos de defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo. Realizar uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular.
Recursos Necessários: Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Projeto de Multimídia Ilustrações ou diagramas que representem os defeitos de visão. Sugestão: Utilizar as ilustrações e os vídeos do Anexo I. Modelos didáticos do olho humano. Sugestão: Utilizar modelo didático utilizado na aula anterior. Projetor (opcional). Exemplos de óculos ou lentes de contato (opcional).
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância da visão na vida cotidiana e em atividades como leitura, trabalho, lazer e esportes. Apresentar a problemática e explicar que a aula abordará a importância da visão e os defeitos oculares. 2. Importância da Visão (10 minutos): Realizar uma discussão em sala de aula sobre a importância da visão no dia a dia, pedindo aos alunos que compartilhem suas perspectivas sobre como a visão afeta suas atividades. Destacar a importância da visão na aprendizagem, comunicação e segurança. 3. Defeitos de Visão (15 minutos): Introduzir os exemplos de defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo. Usar ilustrações ou diagramas para explicar visualmente o que ocorre nos olhos de pessoas com esses defeitos de visão. Discutir os sintomas associados a cada defeito. 4. Reflexão e Discussão (5 minutos): Iniciar uma discussão em sala de aula sobre como esses defeitos de visão podem afetar a vida das pessoas e suas atividades diárias. Perguntar aos alunos se conhecem alguém com defeitos de visão e como isso afeta a pessoa. 5. Cuidando da Saúde Ocular (5 minutos): Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular, enfatizando a necessidade de consultas oftalmológicas regulares e práticas para manter uma boa saúde ocular. 6. Encerramento (5 minutos): Recapitular os principais pontos da aula e enfatizar a importância da saúde ocular. Deixar os alunos com uma mensagem de conscientização sobre a visão e a necessidade de cuidar de seus olhos. 7. Atividade avaliativa (5 minutos): No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais

utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

4. Como os modelos didáticos ajudaram você a entender como funcionam os diferentes problemas de visão (como miopia e hipermetropia) e como eles afetam a visão humana?

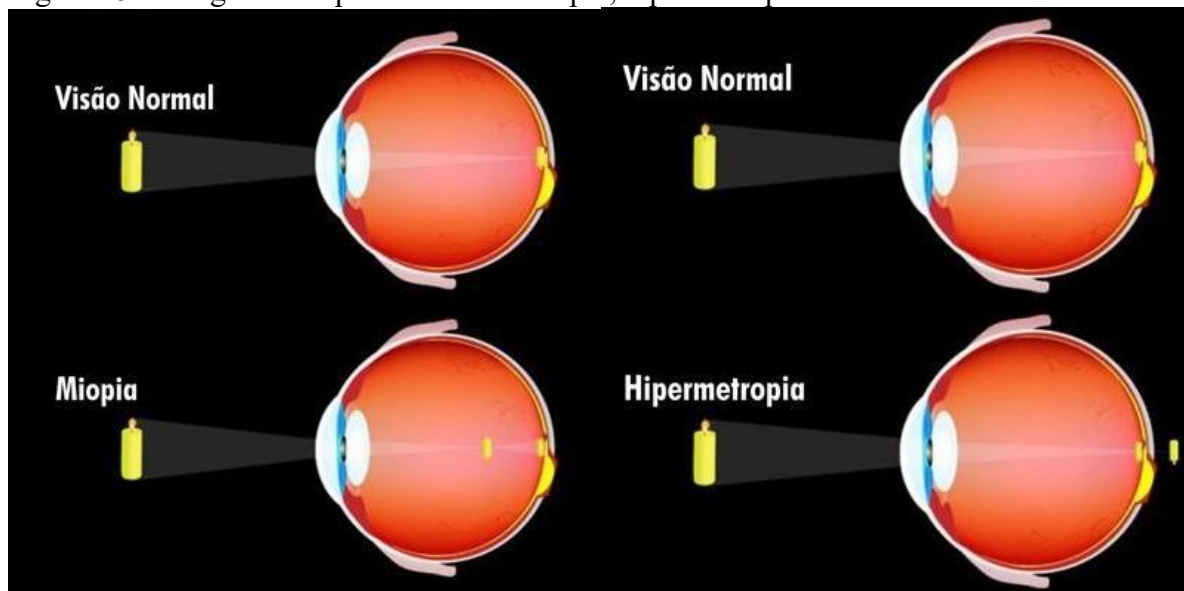
5. Com esta aula, você conseguiu identificar algum problema de visão que você ou alguém que você conheça possa ter? Como isso mudou sua percepção sobre a importância de cuidar da saúde ocular?

6. Quais aspectos da aula, como o uso dos modelos e as discussões em grupo, foram mais úteis para você entender a importância de prevenir e cuidar da saúde dos olhos?

O professor é incentivado a conhecer os principais defeitos da visão que afetam a formação da imagem, suas causas e efeitos e o fenômeno físico relacionado a cada um. No desenvolvimento desta aula é preciso que o professor utilize o modelo didático similar ao produzido para a aula anterior e as informações adicionais contidas nele, bem como utilize (com apoio de um projetor de multimídia) os diagramas (Figuras 15 e 16) e vídeos curtos nos links disponibilizados abaixo, *os quais também estão disponíveis no Anexo I do Produto Educacional*.

Representação dos Defeitos da Visão

Figura 15 – Diagramas representando a miopia, hipermetropia



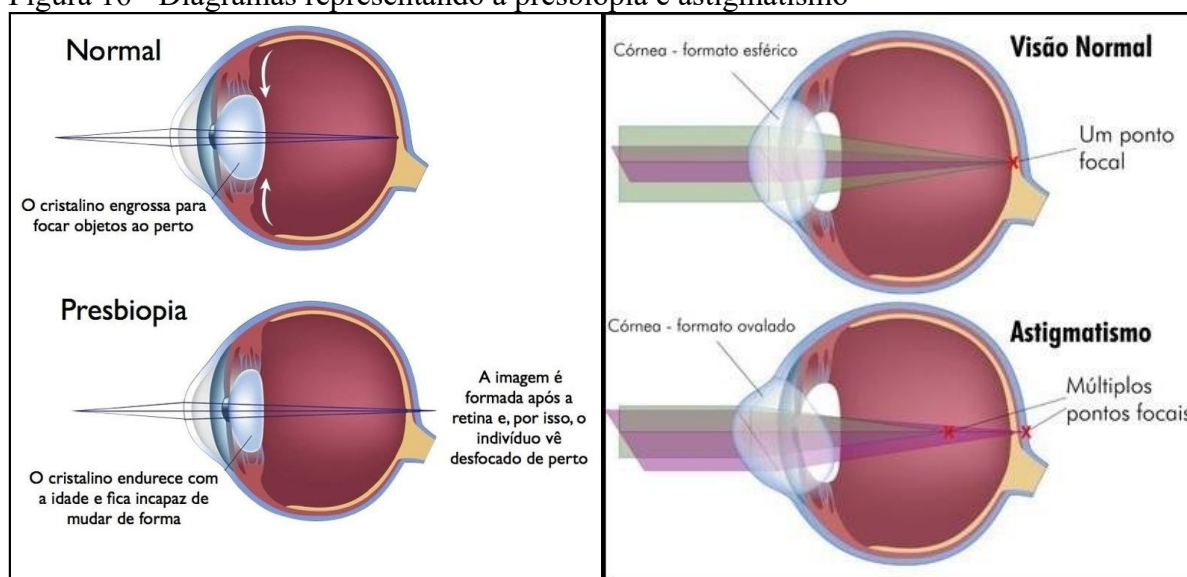
Fonte: <https://www.drmarciooftalmo.com.br/ametropias>

Links para vídeos curtos

Miopia: <https://youtu.be/HXbAPwXPiSg>

Hipermetropia: <https://youtu.be/7vcWRyKjgEw>

Figura 16 - Diagramas representando a presbiopia e astigmatismo



Fonte: <https://www.drmarciooftalmo.com.br/ametropias>

Links para vídeos curtos

Presbiopia: <https://youtu.be/m-Zx7qKMs7A>

Astigmatismo: <https://youtu.be/ZZVMLEhU9Kk>

A **terceira aula** foi planejada para que os alunos viessem a compreender as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos e a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica.

AULA 3: DEFEITOS DA VISÃO E FENÔMENOS ÓPTICOS	
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)	
Problemática: Quais as propriedades básicas da luz relacionadas à visão? Quais são os fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos saudáveis e como eles diferem daqueles que ocorrem quando há defeitos de visão? Como esses fenômenos afetam a visão?	
Justificativa: Compreender os fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos é fundamental para a compreensão de como a visão funciona, tanto em olhos saudáveis quanto naqueles com defeitos de visão. Isso contribui para uma maior conscientização sobre a saúde ocular e a necessidade de correção de defeitos visuais. Este plano de aula fornece aos alunos uma compreensão dos fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos saudáveis e em caso de defeitos de visão, promovendo a conscientização sobre a saúde ocular e a importância da correção de defeitos visuais.	
Objetivos: Compreender os fenômenos ópticos que ocorrem em olhos saudáveis. Identificar os principais defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo. Compreender como esses defeitos de visão afetam os fenômenos ópticos e a formação de imagens. Refletir sobre a importância da correção de defeitos visuais na saúde ocular e qualidade de vida.	

Recursos Necessários:

Quadro branco.

Pincel ou marcadores coloridos.

Ilustrações, diagramas ou simulação computacional que representem os fenômenos ópticos e defeitos de visão

Sugestão: O professor pode se apropriar dos conceitos contidos nos subitens 3.4.1 à 3.4.3 (deste texto dissertativo), bem como, projetar suas respectivas ilustrações, da Figura 3 à Figura 6)

Ilustrações ou diagramas que representem os defeitos de visão (Figuras 15 e 16)

Metodologia:**1. Introdução (5 minutos):**

Iniciar a aula destacando a importância de entender os fenômenos ópticos nos olhos e sua relação com a visão.

Apresentar a problemática da aula, explicando que abordará tanto os fenômenos em olhos saudáveis quanto aqueles com defeitos de visão.

2. Fenômenos Ópticos em Olhos Saudáveis (15 minutos):

Explorar os fenômenos ópticos que ocorrem em olhos saudáveis, como a refração da luz, a formação de imagens na retina e a adaptação da visão em diferentes condições de luminosidade.

Usar ilustrações ou diagramas para auxiliar na explicação dos conceitos.

3. Defeitos de Visão (10 minutos):

Introduzir os principais defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo, e explicar como cada um afeta os fenômenos ópticos nos olhos.

Destacar como esses defeitos afetam a formação de imagens na retina.

4. Exemplos e Discussão (10 minutos):

Realizar uma discussão a fim de fortalecer o reconhecimento desses fenômenos ópticos em outras situações do dia a dia, tais como a refração perceptível quando se coloca uma colher no copo de vidro com água, a reflexão em superfícies lisas e espelhadas, bem como a propagação retilínea da luz (espelhos).

5. Reflexão e Encerramento (5 minutos):

Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular e corrigir defeitos de visão.

Reforçar os objetivos da aula e sua relevância na compreensão dos fenômenos ópticos nos olhos.

6. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

7. Os modelos didáticos e ilustrações adicionais utilizados na aula ajudaram você a entender como a luz se comporta ao passar pelos diferentes componentes do olho e como isso resulta na formação de imagens? Se sim, descreva a função de um componente do olho na formação da imagem.

8. Você conseguiu relacionar a anatomia do olho com os conceitos de óptica geométrica, como reflexão e refração da luz? Qual sua principal dificuldade e como você a superou?

9. De que forma as discussões com os colegas e o uso de modelos e ilustrações adicionais ajudaram você a perceber a importância da anatomia da visão para o estudo de óptica?

Após ter conhecido as principais estruturas anatômicas do olho humano e os defeitos da visão mais comuns, que são chamados de defeitos de refração ou ametropias. Nesta aula são apresentadas as seguintes propriedades ou fenômenos ópticos: propagação retilínea da luz, reflexão e refração. O professor pode se apropriar dos conceitos contidos nos subitens 3.4.1 à 3.4.3, desta dissertação, que discute a propagação retilínea da luz, a reflexão e a refração, bem como, e projetar suas respectivas ilustrações (Figura 3 à Figura 6).

Após ter apresentado e concluído, junto aos alunos, que o principal fenômeno óptico da visão é a refração, o professor deve discutir como a refração ocorre nos olhos saudáveis e como ela difere quando há defeitos de visão. Adicionalmente, o professor pode reutilizar os diagramas e vídeos curtos da aula anterior (Figuras 15 e 16 e links adicionais). O professor deve realizar uma discussão a fim de fortalecer o reconhecimento desses fenômenos ópticos em outras situações do dia a dia, tais como a refração perceptível quando se coloca uma colher no copo de vidro com água, a reflexão em superfícies lisas e espelhadas, bem como a propagação retilínea da luz (espelhos), dentre outros. Seguem exemplos de refração e reflexão em materiais do dia a dia, estes materiais devem ser providenciados total ou parcialmente e levados para esta aula, *os quais também estão contidos no Apêndice C do Produto Educacional*.

Exemplos de Refração da Luz

- **Copo d'Água:** Encha um copo transparente com água. Ao observar o copo de lado, perceberá que um lápis ou canudo parcialmente submerso parece estar quebrado ou deslocado. Esse fenômeno ilustra a mudança na direção da luz ao passar de um meio (ar) para outro (água), evidenciando a refração.
- **Lente de Óculos:** Utilize óculos com lentes de prescrição, especialmente aquelas que corrigem a visão. Ao olhar através das lentes, notará a alteração na trajetória da luz, demonstrando a refração induzida pelas lentes para corrigir defeitos de visão.
- **Exponha um prisma à luz solar:** O prisma dispersa a luz branca em suas cores componentes, criando um arco-íris. Este fenômeno é um exemplo de refração, onde a luz é desviada ao passar por diferentes meios no prisma.

Exemplos de Reflexão da Luz

- **Espelho Plano:** Utilize um espelho comum, de preferência, um espelho plano. Ao posicionar um objeto em frente ao espelho, a imagem refletida será virtual e invertida. Este é um exemplo clássico de reflexão especular.
- **Superfície de Água Calma:** Escolha um dia calmo em um corpo d'água, como um lago ou piscina. Ao lançar um objeto na água, observe sua imagem refletida na superfície. A reflexão é claramente visível, indicando a interação entre a luz e a superfície da água.
- **Bola de Bilhar Refletindo uma Luz:** Coloque uma bola de bilhar perto de uma fonte de luz. A superfície brilhante da bola reflete a luz, mostrando um ponto de luz brilhante e a imagem invertida da fonte de luz. Esse exemplo representa a reflexão especular em uma superfície curva. Esses exemplos ilustram de maneira prática e tangível os princípios da refração e reflexão da luz, utilizando objetos comuns encontrados no cotidiano. Essas observações contribuem para uma compreensão mais clara dos fenômenos ópticos presentes em nossa vida diária.

Como na aula anterior, a **quarta aula** visou compreender as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos, destacando a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica. No entanto, nesta aula serão descritos os processos de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão. E conforme o desenvolvimento da aula serão discutidos os aspectos bioquímicos da formação da imagem na retina.

AULA 4: DEFEITOS DA VISÃO, FORMAÇÃO DA IMAGEM E ASPECTOS QUÍMICOS
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problemática: Como ocorre o processo de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo? Quais são os aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho e em defeitos de visão?
Justificativa: Compreender os processos de (não) formação de imagem em defeitos de visão e os aspectos químicos relacionados ao funcionamento do olho é fundamental para um conhecimento mais profundo da visão e para a conscientização sobre a importância da saúde ocular. Este plano de aula oferece uma exploração aprofundada dos processos de (não) formação de imagem em defeitos de visão e dos aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho, promovendo a conscientização sobre a saúde ocular e a compreensão da visão de forma mais abrangente.
Objetivos: Descrever o processo de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão. Discutir os aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho, como neurotransmissores e reações químicas. Promover a conscientização sobre a importância de cuidar da saúde ocular.
Recursos Necessários: Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Ilustrações, diagramas ou simulações computacionais que representem os processos ópticos nos defeitos de visão.

Sugestão: Construir o modelo fisiológico do olho humano, disponibilizado abaixo e no Apêndice D, o qual representa em 2D o funcionamento do olho humano.
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância da visão e sua complexidade. Apresentar a problemática da aula, explicando que serão explorados os processos de (não) formação de imagem em defeitos de visão e aspectos químicos relacionados. 2. Processos de (não) Formação de Imagem (15 minutos): Descrever o processo de formação de imagem em um olho saudável e como a córnea, o cristalino e a retina contribuem para esse processo. Em seguida, explicar como os defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo, afetam a formação de imagem. Usar ilustrações ou diagramas para auxiliar na compreensão. 3. Aspectos Químicos no Funcionamento do Olho (15 minutos): Introduzir os aspectos químicos do funcionamento do olho, como a ação de neurotransmissores, como a serotonina e a dopamina, nas sinapses neurais da retina. Discutir as reações químicas envolvidas na transdução de luz em sinais elétricos na retina. Relacionar a ação química com a transmissão de sinais visuais ao cérebro. 4. Discussão e Reflexão (5 minutos): Iniciar uma discussão em sala de aula sobre como o conhecimento dos processos de (não) formação de imagem e dos aspectos químicos pode contribuir para uma maior conscientização sobre a saúde ocular. Refletir sobre a importância de cuidar da visão e realizar exames oftalmológicos regulares. 5. Encerramento (5 minutos): Recapitular os principais pontos da aula. Reforçar os objetivos da aula e a importância de entender os processos ópticos e químicos relacionados à visão. 6. Atividade avaliativa (5 minutos): No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.
Questões avaliativas: Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula. 10. Os modelos didáticos e ilustrações adicionais utilizados na aula ajudaram você a entender como os defeitos de visão afetam a formação (ou não formação) de imagens nítidas no olho humano? Justifique sua resposta. 11. Você conseguiu relacionar o que aprendeu sobre os defeitos de visão com situações da sua própria vida ou de pessoas que você conhece? Como isso mudou sua percepção sobre a importância de corrigir esses problemas? 12. De que forma a aula e as discussões em grupo ajudaram você a compreender por que as lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) conseguem corrigir os defeitos de visão e restaurar a formação correta da imagem?

A formação da imagem na visão normal (emétrope) e na visão com defeitos (ametropias), pode ser demonstrada de diferentes maneiras. Para esta aula, conforme proposto no produto educacional é preciso construir modelo fisiológico do olho humano, o qual representa em duas dimensões (2D) o funcionamento do olho humano, considerando que

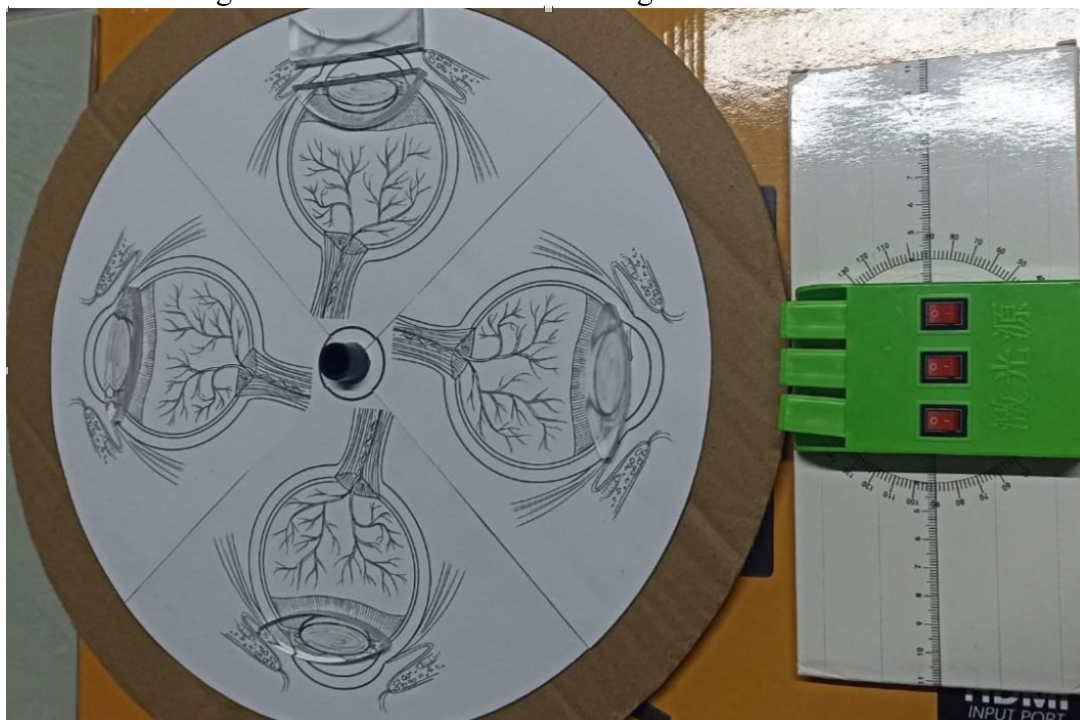
nesta etapa o aluno conhece as estruturas do olho humano e suas funções. Com este modelo didático é possível demonstrar a formação da imagem tanto na visão emétrepe como na visão com ametropia (basta utilizar as lentes adequadas). *As orientações para sua construção a seguir, também estão disponíveis no Apêndice D do Produto Educacional.*

Modelo Fisiológico do Olho Humano

Considerando que nesta etapa o aluno conhece as estruturas do olho humano e suas funções, este modelo visa representar em 2D o funcionamento do olho humano. O modelo pode ser construído com uma base circular de papelão ou isopor com um laser acoplado, a qual conterà alguns desenhos do olho em corte transversal, nos quais serão fixados estruturas (vidro ou acrílico) uma representando o cristalino (podendo alternar entre cristalino fino ou espesso, normal ou anormal) e outras duas representando um cristalino de uma pessoa com miopia e outra com hipermetropia. Conforme figura abaixo.

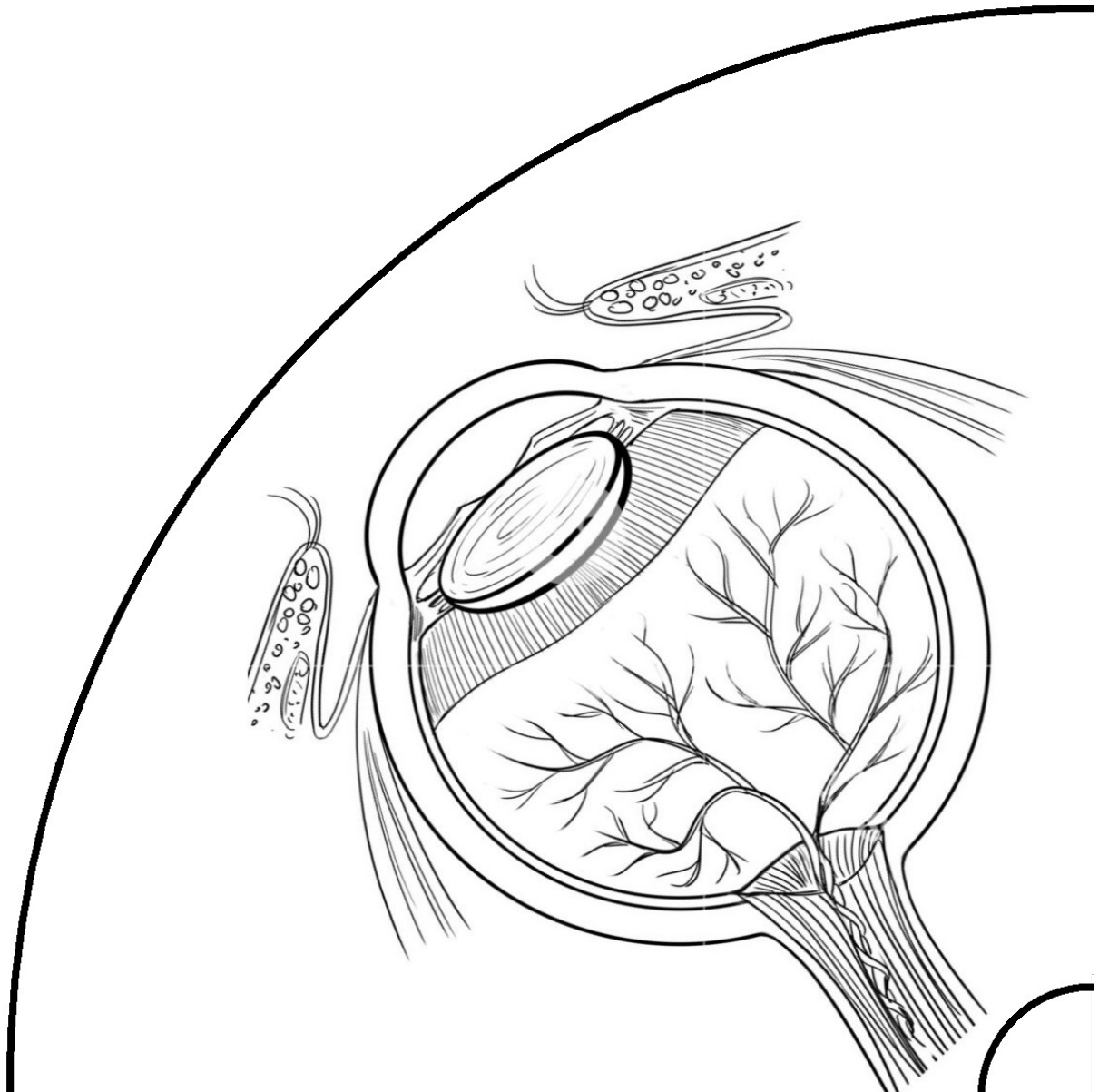
Observa-se que com este modelo além demonstrar os fenômenos ópticos presentes no olho normal também destaca as doenças da visão mais comuns como miopia, hipermetropia e astigmatismo (representado por córnea ou cristalino anormais). Adicionalmente, através deste modelo é possível discutir as correções destes defeitos por meio de lentes côncava/bicôncava ou convexa/biconvexa.

Figura 17 – Foto do modelo fisiológico do olho humano



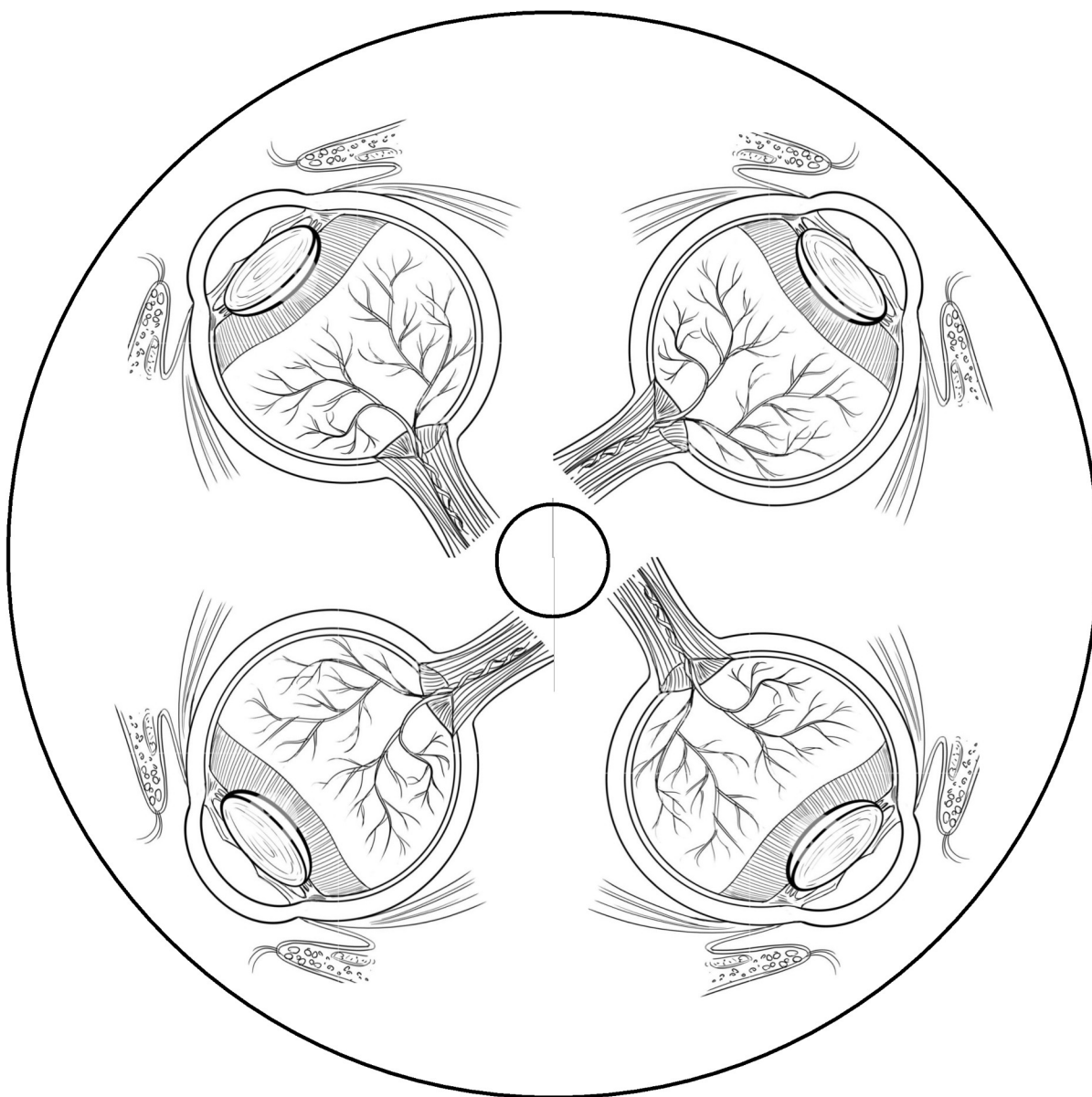
Fonte: http://www.cienciaprimeira.com.br/produtos_anatomia.html (realizado a partir da fonte)

Figura 18 – Material a ser impresso para a construção do modelo fisiológico do olho humano



Fonte: Imagem livre adaptada pelo autor, 2023.

Figura 19 – Resultado da montagem



Fonte: Imagem livre adaptada pelo autor, 2025.

Observação: A figura 6 deve ser impressa em 4 vias, justapostas como na figura 7 em um disco de papelão ou isopor de 40 cm de diâmetro. Como só haverá uma fonte de luz na base, o disco deve ser girado e em cada olho representado nesta figura se demonstra uma situação: 1 – Olho normal com cristalino normal e imagem na retina; 2 – Olho com miopia; 3 – Olho com hipermetropia/presbiopia; e 4 – Olho com astigmatismo.

Considerando que, quando a luz atinge a retina, ela produz reações químicas tanto nos cones como nos bastonetes e que os níveis dessas reações são dependentes da intensidade da luz que atinge as células, uma discussão relacionada a bioquímica da visão é cabível nesta

aula. Conforme o andamento da aula, o professor pode introduzir os aspectos químicos do funcionamento do olho, como a ação de neurotransmissores nas sinapses neurais da retina e discutir as reações químicas envolvidas na transdução de luz em sinais elétricos na retina e/ou relacionar a ação química com a transmissão de sinais visuais ao cérebro.

A **quinta aula** foi organizada para demonstrar os fenômenos ópticos presentes nas doenças da visão mais comuns (miopia, hipermetropia e astigmatismo), bem como nas correções destes defeitos, conforme planejamento a seguir.

AULA 5: CORREÇÃO DE DEFEITOS VISUAIS E A REFRAÇÃO DA LUZ
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problemática: Como as lentes corrigem defeitos de visão, e o que é a refração da luz? Como as lentes modificam a trajetória da luz para melhorar a visão?
Justificativa: É essencial para os alunos compreenderem como as lentes corretivas funcionam e como a refração da luz desempenha um papel crucial nesse processo. Isso contribui para a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais. Este plano de aula oferece uma compreensão dos princípios das lentes corretivas e da refração da luz, promovendo a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais e a ciência por trás desse processo.
Objetivos: Explicar como as lentes corretivas funcionam na correção de defeitos de visão. Demonstrar o uso de lentes corretivas e como elas afetam a visão. Compreender o fenômeno da refração da luz. Promover a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais para a qualidade de vida.
Recursos Necessários: Óculos ou lentes de contato de demonstração. Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Fonte de luz (lanterna ou projetor). Modelos didáticos, ilustrações, diagramas que representem a refração da luz
Sugestão: Utilizar o modelo fisiológico do olho humano, construído para a aula anterior
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância da visão e a existência de defeitos visuais, como miopia e hipermetropia. Apresentar a problemática da aula e explicar que serão abordados os princípios da correção de defeitos visuais e o fenômeno da refração. 2. Funcionamento das Lentes Corretivas (15 minutos): Explicar como as lentes corretivas funcionam, destacando a refração da luz. Descrever como as lentes alteram a trajetória da luz para focar a imagem na retina. Usar ilustrações ou diagramas para auxiliar na explicação e demonstrar os princípios da refração. 3. Demonstração das Lentes Corretivas (15 minutos): Realizar uma demonstração prática com óculos ou lentes de contato de demonstração. Mostrar como as lentes corretivas são usadas para melhorar a visão e explicar como isso ocorre devido à refração da luz. Incentivar os alunos a fazerem perguntas e a participarem da demonstração.

4. Fenômeno da Refração (5 minutos):

Explicar o fenômeno da refração de forma mais ampla, mostrando como a luz se dobra ao passar de um meio para outro (por exemplo, do ar para o vidro da lente).

Discutir situações em que a refração da luz é observada no cotidiano.

5. Reflexão e Encerramento (5 minutos):

Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância de compreender como as lentes corretivas funcionam e como a refração da luz desempenha um papel crucial na visão.

Reforçar a importância de cuidar da saúde ocular e corrigir defeitos visuais.

6. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

13. Como os modelos didáticos utilizados na aula ajudaram você a visualizar e entender como a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo afetam o caminho da luz nos olhos e a formação de imagens?

14. Você conseguiu entender como as lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) conseguem ajustar o caminho da luz nos olhos para corrigir os problemas de visão? Qual parte do processo foi mais clara para você?

15. Como a troca de ideias com seus colegas e o uso dos modelos didáticos contribuíram para você perceber a importância do conhecimento sobre os fenômenos ópticos envolvidos nas doenças da visão e suas correções?

Nesta aula, utilizando o modelo didático proposto ou similar, o professor deve demonstrar os defeitos da visão e como eles são corrigidos. O professor deve se apropriar das características das lentes no item 3.6 que trata da óptica geométrica na correção dos defeitos da visão. Utilizar o modelo fisiológico do olho humano, construído para a aula anterior, e com o auxílio de lentes convergentes e divergentes demonstrar como são corrigidos cada um dos quatro defeitos da visão, discutidos neste trabalho. E discutir a aplicação desses fenômenos nas lentes corretivas de defeitos da visão.

Conforme disponibilidade para o desenvolvimento dessa sequência didática o professor pode finalizar nesta aula. Opcionalmente, o professor poderá realizar mais uma aula, a fim de sintetizar o conteúdo estudado, demonstrar os fenômenos físicos discutidos com modelos didáticos utilizados e discutir os resultados alcançados.

Por fim, a **sexta aula** visa explorar os fenômenos ópticos refração e reflexão e suas aplicações a fim de facilitar a aprendizagem e estimular a participação dos estudantes, conforme planejamento abaixo.

AULA 6: MODELOS DIDÁTICOS E FENÔMENOS ÓPTICOS
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problemática: Como os modelos didáticos representam e auxiliam na compreensão de fenômenos ópticos, como refração e reflexão? Qual é a importância dos modelos didáticos

na aprendizagem?
Justificativa: A compreensão dos fenômenos ópticos é essencial, e os modelos didáticos desempenham um papel fundamental ao simplificar conceitos complexos. Compreender a importância dos modelos didáticos na aprendizagem é crucial para o desenvolvimento do pensamento científico. Este plano de aula destaca a importância dos modelos didáticos na compreensão de fenômenos ópticos e incentiva os alunos a experimentar e visualizar esses conceitos, contribuindo para uma aprendizagem mais sólida e eficaz.
Objetivos: Apresentar modelos didáticos que representam fenômenos ópticos gerais, como refração e reflexão. Discutir se os modelos didáticos facilitam a compreensão de conceitos científicos. Reforçar a importância da experimentação e da visualização na aprendizagem.
Recursos Necessários: Modelos didáticos que representam refração e reflexão. Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Modelos didáticos, ilustrações ou diagramas que representem os fenômenos ópticos. Exemplos de materiais que refratam ou que refletem a luz (copos d'água, espelhos, prismas, etc.).
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância de compreender fenômenos ópticos, como refração e reflexão, e como eles estão presentes em nossa vida cotidiana. Apresentar a problemática da aula e a relevância de modelos didáticos na exploração desses conceitos. 2. Apresentação dos Modelos Didáticos (15 minutos): Apresentar os modelos didáticos que representam a refração e a reflexão. Explicar como esses modelos funcionam e suas semelhanças com os fenômenos reais. Demonstrar como os modelos podem ser usados para visualizar a trajetória da luz. 3. Discussão sobre a Importância dos Modelos Didáticos (10 minutos): Iniciar uma discussão em sala de aula a fim de identificar se os modelos didáticos facilitam a compreensão de fenômenos complexos. Abordar como os modelos ajudam os alunos a visualizar e experimentar conceitos científicos, tornando a aprendizagem mais eficaz. 4. Experimentação e Visualização (10 minutos): Realizar experimentações práticas usando materiais que refratam ou refletem a luz. Por exemplo, demonstrar a refração da luz em um copo d'água ou a reflexão em um espelho. Incentivar os alunos a participarem da experimentação e observarem os fenômenos ópticos em ação. 5. Reflexão e Encerramento (10 minutos): Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância dos modelos didáticos, da experimentação e da visualização na aprendizagem. Reforçar a ideia de que a ciência se beneficia da simplificação de conceitos por meio de modelos para tornar o aprendizado mais acessível.
Questões avaliativas: Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula. Serão utilizadas apenas as questões das aulas anteriores.

Nesta aula o professor deve sintetizar os conteúdos estudados, demonstrar os fenômenos físicos discutidos com modelos didáticos utilizados e discutir os resultados alcançados com a aplicação desta sequência didática.

Utilizar a sequência de aulas realizadas e fazer uma síntese dos conteúdos estudados desde a anatomia da visão até a correção dos defeitos da visão. Sempre reforçando a importância da experimentação demonstrativa (como utilizada nesta sequência didática) ou manipulativa e da visualização dos fenômenos físicos estudados. O professor deve avaliar a importância dos modelos didáticos utilizados na compreensão de fenômenos ópticos e incentivar os alunos a experimentar e visualizar esses conceitos, contribuindo para o processo de mediação da aprendizagem.

No próximo capítulo, será feita uma descrição detalhada da implementação da sequência didática proposta no produto educacional. Deste a apresentação de cada aula realizada, recursos utilizados até discussão das questões avaliativas propostas em cada aula.

5 RESULTADOS E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, apresenta-se uma descrição detalhada da implementação da sequência didática proposta no produto educacional. A qual foi aplicada numa turma de 9º ano em uma escola de Ensino Fundamental I e II localizada no distrito de Bitupitá em Barroquinha – CE.

Esta sequência didática foi aplicada nos dias 06, 07 e 08 de novembro de 2024, como um projeto adicional ao planejamento escolar, tendo em vista que o professor de matemática e ciências da turma estava sob licença médica e que os conteúdos prévios estudados não tinham relação direta com a temática do produto educacional. Foram realizadas 6 (seis) aulas presenciais de 50 minutos em 3 encontros.

Nas aulas conduzidas, as práticas de avaliação foram estruturadas para ultrapassar a mera verificação de respostas corretas, com o objetivo de examinar a progressão do raciocínio dos estudantes, suas relações com o conteúdo e sua habilidade de utilizar conceitos científicos em variados cenários. Foram empregadas questões reflexivas e contextualizadas para estimular os estudantes a interagir, trocar experiências e construir conhecimento de maneira colaborativa, seguindo a proposta de Vygotsky (1987).

5.1 Relatos da Aula 1 (Anatomia do Olho e Função de seus Componentes)

Nesta aula foi estudada a anatomia do olho humano a fim de explorar os principais componentes do olho e entender seu papel na captação de luz. Para o desenvolvimento desta aula foi preciso se apropriar previamente da anatomia e fisiologia do olho humano, ou seja, conhecer suas estruturas intrínsecas e funções, bem como produzir o modelo didático apresentado na Figura 13 e no Apêndice A do Produto Educacional, visto que a escola não dispõe de laboratório de ciências.

Os materiais utilizados nesta aula foram:

- 2 modelos didáticos da estrutura do olho humano (Figura 13);
- Projetor de Multimídia (fornecido pela escola); e
- Apresentação de slides com fotos do modelo didático utilizado e a *Figura 14 - Corte medial do olho para destacar as estruturas (plano sagital)*.

A aula foi iniciada com uma breve apresentação do professor e da proposta de aplicação desta sequência didática. Ao findar a apresentação, o professor perguntou aos alunos se eles sabem ou *têm alguma ideia de como a luz entra no olho e como o cérebro interpreta as imagens?* A maioria dos alunos, respondeu que nunca tinha pensado sobre o

assunto, mas dois alunos responderam que sabem que a luz entra “pela bolinha preta no meio do olho”, mas não sabiam como isso resultaria na visão (formação da imagem). Diante desta resposta, foram informados aos alunos os objetivos específicos desta aula que são: *apresentar aos alunos a anatomia do olho humano por meio de modelos didáticos² e explorar os principais componentes do olho e entender seu papel na captação de luz*. Bem como, foram introduzidas informações sobre a anatomia do olho e seu papel na visão e destacado a importância de compreender a estrutura do olho para apreciar como a visão funciona.

A partir deste momento foram apresentados aos alunos os modelos didáticos da estrutura do olho humano e projetadas fotos dos mesmos, para que todos os alunos pudessem visualizar. Utilizando os modelos tridimensionais produzidos para esta aula e, quando apropriado, a projeção de fotos dos mesmos. Foi feita uma apresentação da anatomia do olho e nomenclatura de seus componentes, destacando os principais, como a córnea, íris, pupila, cristalino, retina, disco óptico, coróide e esclera. Os alunos foram encorajados a fazer perguntas sobre as estruturas que estavam vendo, facilitando o diálogo e fluidez da aula.

Associado ao estudo da anatomia do olho e suas estruturas, foi discutido com a turma as funções de cada componente, ou seja, sua fisiologia, destacando quais são os principais responsáveis pela formação da imagem e a visão propriamente dita. Tais como, a função da córnea que é direcionar a luz para o interior do olho, a íris que controla a quantidade de luz que entra, o cristalino que foca a luz na retina, a retina onde a luz é convertida em sinais elétricos, o disco óptico por onde os sinais saem para o cérebro, a coróide que fornece suprimento de sangue e a esclera, que protege o olho.

Foram reservados aproximadamente cinco minutos para que os alunos continuassem a realizar perguntas, a esclarecer dúvidas ou a pedir mais informações sobre qualquer parte da anatomia do olho. A participação dos alunos foi incentivada ao perguntar-lhes se já ouviram falar de alguma condição ocular relacionada a essas estruturas. Neste momento, muitos alunos destacaram que tinham dificuldade de ver as informações ao ficar distante do quadro e questionaram por que isso acontece, quais as causas e como corrigir. Outros, perceberam que este assunto tinha relação com o fato de eles usarem óculos e ficaram curiosos em saber por que o uso do óculos ajuda a enxergar melhor ou porque a lente dos óculos têm diferentes espessuras. Como a primeira e a segunda aula foram realizadas juntas, as questões avaliativas destas duas aulas foram respondidas somente ao fim das duas aulas. Destaque-se que ao final desta aula foi dada continuidade ao conteúdo da segunda aula, sem haver uma conclusão propriamente dita.

² Não foi discutido com os alunos os conceitos de modelos didáticos, apenas combinado com eles que considerassem como modelo didático todo material físico ou virtual utilizado para representação de estruturas ou fenômenos estudados.

Figura 20 – Registro da aula 1



Fonte: Registro da aula / Próprio autor, 2024

5.1.1 Análise das questões avaliativas da aula 1

A teoria sociocultural de Vygotsky postula que o aprendizado ocorre principalmente por meio de interações sociais e culturais, sendo mediado pela linguagem e pelas ferramentas cognitivas. A avaliação, nesse contexto, deixa de ser apenas uma medida de desempenho individual e passa a ser uma ferramenta para o desenvolvimento cognitivo e social do aluno, em sintonia com a teoria sociointeracionista, que enfatiza a importância das interações sociais no processo de aprendizagem.

Em conformidade com a teoria sociointeracionista, em cada aula deste produto educacional foram propostas três questões a fim de analisar o aprendizado sobre os conteúdos estudados, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula, bem como refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado. Esta aula foi avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, com o professor e com os conteúdos.

Questões avaliativas referentes à primeira aula:

1. *Explique como a estrutura anatômica do olho humano contribui para a formação de imagens. Cite pelo menos três componentes do olho e descreva seu papel na óptica geométrica.*
2. *Após a aula, reflita sobre o modelo didático que foi utilizado para apresentar a anatomia do olho. Quais foram os pontos fortes e as limitações desse modelo em ajudar você a entender a relação entre a anatomia ocular e a formação de imagens?*

3. *Durante a aula, nas interações com os demais alunos, quais conceitos sobre a óptica geométrica foram discutidos e como a interação entre os colegas ajudou a aprofundar sua compreensão? Dê exemplos de como a interação entre sala de aula facilitou a construção do conhecimento sobre a anatomia do olho e sua função na visão.*

Ao verificar as respostas da questão 1, observou-se que os alunos responderam contextualmente correto, alguns responderam só a segunda parte, obtendo respostas como: “cristalino, retina e córnea” (M. O. L), ou “córnea, pupila e cristalino” (L. S. C.). Outros, por sua vez, responderam de forma mais completa, tais como: “primeiro a luz passa pela córnea, depois pela pupila e depois pelo cristalino, mas a imagem é entendida na retina” (S. C. S) ou “a estrutura do olho é perfeita para enxergarmos, como a luz passa pela córnea, a pupila e depois pelo cristalino que foca a luz na retina para enxergarmos perfeitamente” (C. S. R).

Suas respostas estão de acordo com o contexto estudado e revelam que os alunos conseguem aplicar o conhecimento de forma prática, o que é um indicativo de que eles não estão apenas memorizando informações, mas sim internalizando e utilizando esse saber de maneira funcional e relevante. Esse processo de “aplicação contextualizada dos saberes” reflete a construção do conhecimento por meio da mediação pedagógica, no qual o aluno conecta novos saberes com experiências e situações cotidianas, o que é um dos pilares da teoria sociocultural de Vygotsky. (FINO, 2001)

A questão 2, desta aula, tinha o objetivo de avaliar o modelo didático utilizado (dois modelos similares, representado a estrutura do olho humano). Na aula, os alunos demonstraram muita curiosidade, tendo em vista que os mesmos, não costumam ter aulas de ciências desta forma, sendo muito limitado o livro didático e questões resolvidas e propostas. As respostas foram unânimes, apontando que os modelos didáticos utilizados foram muito úteis para a compreensão dos conceitos estudados em termos de anatomia e função dos componentes do olho, bem como entendimento da formação da visão ao ver e manipular a representação das estruturas. Um aluno, observou que a representação colorida foi algo muito importante nos modelos didáticos utilizados, pois segundo ele foi possível “visualizar melhor cada componente do olho humano” (M. O. L). Outro destacou que “as explicações associadas foram de extrema importância” (E. H. C.).

A manipulação dos modelos didáticos desempenha um papel crucial na assimilação do aprendizado, pois proporciona uma experiência prática e tátil que complementa a aprendizagem teórica. De acordo com Piaget (1976), a interação física com objetos concretos permite que os alunos construam conhecimento de forma mais ativa, reforçando a compreensão e facilitando a internalização dos conceitos apresentados. Por fim, a questão 3 buscou identificar se as interações sociais ocorridas nesta aula contribuíram para

o desenvolvimento dos alunos. Os alunos, em sua maioria, responderam de forma similar destacando que a interação foi muito útil para o aprendizado. Segue a transcrição de algumas respostas: “algumas perguntas feitas pelos colegas contribuíram bastante para o desenvolvimento da aula” (C. S); “as discussões no decorrer da aula foram muito interessantes” (L. M. S. R); “sim, facilitou mais e ajudou a tirar as dúvidas que eu tinha” (M. O. L.); “as dúvidas tiradas pelos colegas no decorrer da aula me ajudaram a entender muita coisa” (A. I.); dentre outras respostas semelhantes.

A interação social é um elemento central para a assimilação do aprendizado, conforme destacado por Vygotsky em sua Teoria Sociocultural. Segundo Vygotsky (1987), o aprendizado ocorre primeiramente em um nível social, através da interação com outros indivíduos, e posteriormente é internalizado em um nível individual. Essa dinâmica permite que os alunos ampliem suas zonas de desenvolvimento proximal (ZDP), adquirindo conhecimentos e habilidades que seriam difíceis de alcançar de forma isolada. A troca de ideias, perguntas e explicações entre colegas não apenas enriquece o aprendizado, mas também promove o desenvolvimento de competências cognitivas superiores, como pensamento crítico e resolução de problemas.

5.2 Relatos da Aula 2 (Compreendendo os defeitos da visão)

Esta aula foi planejada para identificar problemas de visão mais comuns e entender como eles afetam a visão humana, para reconhecer a importância do cuidado com a saúde ocular. Em um processo contínuo, esta aula ocorreu imediatamente após a aula 1, e foram estudados os principais defeitos da visão relacionados à formação da imagem, tais como miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo.

No desenvolvimento desta aula é preciso que o professor utilize o modelo didático similar ao produzido para a aula anterior e as informações adicionais contidas nele, bem como utilize (com apoio de um projetor de multimídia) os diagramas (Figuras 15 e 16) e vídeos curtos nos links disponibilizados abaixo, os quais também estão disponíveis no Anexo I do Produto Educacional.

Para o desenvolvimento desta aula foi preciso conhecer os principais defeitos da visão que afetam a formação da imagem, suas causas e efeitos e o fenômeno físico relacionado a cada um deles. Foram utilizados os modelos didáticos produzidos para a aula anterior e as informações adicionais contidas nele, bem como (com apoio de um projetor de multimídia) foram projetados os diagramas (Figuras 15 e 16) e vídeos curtos nos links disponibilizados.

Os materiais utilizados nesta aula foram:

- 2 modelos didáticos da estrutura do olho humano;
- Projetor de multimídia (fornecido pela escola);
- Apresentação de slides com fotos do modelo didático utilizado e a *Figura 14 – Corte medial do olho para destacar as estruturas (plano sagital)*.
- Projeção de vídeos curtos, disponíveis no planejamento desta aula e no **Anexo I** do Produto Educacional.

A aula foi efetivamente iniciada com a seguinte problematização: *Vocês conhecem alguém com algum problema de visão? Ou sabem quais são os principais defeitos que podem afetar nossa saúde ocular?* Diferentemente das questões problematizadoras da aula anterior, nesta aula os alunos responderam que conhecem diversas pessoas com problema de visão e muitos que usam óculos. No entanto, apenas um aluno soube responder que o nome de uma dessas doenças é miopia (o mesmo é míope e usuário de óculos).

A contextualização no ensino desempenha um papel fundamental para os desenvolvimento das aulas, pois conecta os conceitos científicos à realidade vivida pelos alunos. De acordo com Coutinho e Miranda (2019), quando os conteúdos são apresentados dentro de contextos relevantes e próximos do cotidiano dos estudantes, como problemas de visão comuns, os alunos são capazes de compreender melhor os conceitos, estabelecer relações práticas e visualizar a aplicabilidade do que aprendem. Neste sentido, a contextualização não apenas desperta o interesse, mas também facilita a internalização dos conhecimentos ao promover a associação direta entre teoria e prática, ampliando as possibilidades de aprendizado.

Após alguns minutos de socialização, foram apresentados aos alunos os objetivos específicos desta aula que são: *compreender a importância da visão no cotidiano e no contexto da saúde; identificar exemplos de defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo; e realizar uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular*. Foi destacada a importância da visão nas atividades de vida diária (AVD), como leitura, trabalho, esportes e lazer. Neste contexto, foi solicitado que os alunos compartilhassem suas perspectivas sobre como a visão afeta suas atividades e a relevância da visão na aprendizagem, na comunicação e na segurança.

Foram introduzidos, a partir daqui exemplos de defeitos de visão, como miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo. Para facilitar a compreensão, além da demonstração de tais doenças no modelo didático, foram projetados quatro vídeos curtos, demonstrando cada um dos defeitos citados. Bem como, foi socializado com os alunos a respeito dos sintomas associados a cada defeito e feita uma reflexão sobre a importância de

cuidar da saúde ocular, enfatizando a necessidade de consultas oftalmológicas regulares e práticas para manter uma boa saúde ocular. Foi recapitulado junto aos alunos os principais pontos da aula e, em seguida, os mesmos foram orientados a resolver as questões avaliativas relativas às aulas 1 e 2.

Figura 21 – Registro da aula 2



Fonte: Registro da aula / Próprio autor, 2024

5.2.1 Análise das questões avaliativas da aula 2

Semelhante ao que foi feito na aula anterior, foram propostas três questões a fim de analisar o aprendizado sobre os conteúdos estudados e sua aplicabilidade no dia a dia, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula, bem como refletir sobre a influência da interação social. Esta aula foi avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, com o professor e com os conteúdos.

Questões avaliativas referentes à segunda aula:

4. *Como os modelos didáticos ajudaram você a entender como funcionam os diferentes problemas de visão (como miopia e hipermetropia) e como eles afetam a visão humana?*
5. *Com esta aula, você conseguiu identificar algum problema de visão que você ou alguém que você conheça possa ter? Como isso mudou sua percepção sobre a importância de cuidar da saúde ocular?*

6. *Quais aspectos da aula, como o uso dos modelos e as discussões em grupo, foram mais úteis para você entender a importância de prevenir e cuidar da saúde dos olhos*

A questão 4, tinha o objetivo de avaliar se os modelos didáticos utilizados nesta aula (dois modelos similares, representando a estrutura do olho humano e os vídeos demonstrando as quatro principais doenças que afetam a formação da imagem), facilitaram o entendimento dos problemas da visão e como eles afetam seus portadores. Já foi demonstrado na discussão da aula anterior que as representações tridimensionais despertaram muito a curiosidade e interesse dos alunos.

Nesta aula, além dos modelos didáticos físicos, foram utilizados vídeos com simulações tridimensionais para representar a miopia, a hipermetropia, a presbiopia e o astigmatismo. As respostas apontam que os modelos didáticos utilizados foram importantes para a compreensão dos conceitos estudados, visto que conseguiram visualizar como ocorre cada uma das doenças e compreender suas características (semelhanças e diferenças). Os alunos destacaram a facilidade de conhecer e diferenciar cada um dos defeitos da visão e compreender cada um deles, mesmo não tendo ouvido falar antes de tais defeitos.

A simulação de fenômenos e o uso de representações tridimensionais desempenham um papel essencial no ensino de ciências, pois oferecem uma abordagem visual e prática que facilita a compreensão de conceitos complexos. Segundo Matos et al. (2009), essas ferramentas permitem que os alunos observem e interajam com representações concretas de fenômenos abstratos. No caso de problemas de visão, as simulações e modelos tridimensionais ajudam os alunos a visualizarem os processos ópticos e as características específicas de condições como miopia, hipermetropia e astigmatismo, que muitas vezes são difíceis de compreender apenas por meio de explicações teóricas. Além disso, essas representações ampliam o engajamento dos alunos, despertando o interesse e proporcionando uma experiência de aprendizado interativa e contextualizada.

A questão 5 buscou avaliar a aplicabilidade dos conteúdos estudados ao questionar se os alunos conseguiam identificar algum problema de visão (deles ou de conhecidos) e se isso mudou sua percepção sobre a importância de cuidar da saúde ocular. As respostas convergem positivamente ao obtermos comentários como “percebi que tenho dificuldade para enxergar de longe e nunca tive atenção a isso” (C. S.), “minha visão é embaçada para enxergar de longe, hoje me sinto motivado a buscar tratamento” (C. S. R.) ou “minha visão parece desfocada em nível diferente entre os olhos, vou cuidar disso” (S. C. S.).

A identificação de possíveis problemas de visão nos mesmos ou em pessoas próximas sugere que a aula promoveu um importante aumento na percepção dos alunos sobre sinais e sintomas de doenças oculares (assunto discutido). Este efeito é consistente com a

visão de educação integral³ do indivíduo, uma vez que conforme Vygotsky, o ensino vai além da transmissão de conteúdos e busca formar indivíduos individuais, críticos e capazes de participar ativamente da sociedade. Vygotsky enfatiza que o desenvolvimento humano não pode ser compreendido isoladamente, mas sim nas relações das interações do indivíduo com o meio e com outras pessoas.

Neste sentido, aulas que conectam conteúdos acadêmicos às experiências pessoais dos alunos promovem a internalização dos conceitos científicos de modo interativo e emocionalmente envolvente. Essa relação também é relevante no âmbito educacional, pois possibilita que os alunos apliquem, em diferentes contextos, os conhecimentos adquiridos na escola. Isso se intensifica quando a atividade é planejada e conduzida pelo professor de maneira a promover a participação ativa dos estudantes, além de oferecer um ambiente propício à reflexão e à tomada de decisões (DUSO, 2013).

Por fim, a questão 6 buscou avaliar a correlação entre os materiais utilizados na aula e a metodologia de ensino (em termos de modelos didáticos e interações sociais). Em suma, os alunos destacaram que os materiais utilizados foram úteis para a demonstração dos conceitos e a interação social fortaleceu o aprendizado ao trocar experiências e conhecimentos entre si e com o professor.

As respostas indicam que as estratégias utilizadas foram desenvolvidas diretamente para o alcance do objetivo desejado. Esse alinhamento demonstra a importância do planejamento pedagógico, com estratégias coerentes e aplicáveis. Afinal, dentre as aplicabilidades de modelos didáticos no ensino de Ciências, a modelização pode auxiliar na reflexão, no debate e na participação ativa dos alunos num contexto de ensino (DUSO, 2013).

5.3 Relatos da Aula 3 (Defeitos da visão e fenômenos ópticos)

Esta aula foi planejada para que os alunos possam compreender as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos e a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica.

Após ter conhecido as principais estruturas anatômicas do olho humano (na aula 1) e os defeitos da visão mais comuns, que são chamados de defeitos de refração ou ametropias (na aula 2), nesta aula foram apresentadas as seguintes propriedades ou fenômenos ópticos: propagação retilínea da luz, reflexão e refração. Para esta aula, foi essencial se apropriar previamente dos conceitos da óptica geométrica, os quais estão

³ Não confundir com a Escola em Tempo Integral que é um “programa do governo federal para fomentar a criação de matrículas em tempo integral em todas as etapas e modalidades da educação básica na perspectiva da educação integral” (BRASIL/MEC, 2024).

contidos nos subitens 3.4.1 à 3.4.3 deste trabalho, os quais discutem a propagação retilínea da luz, a reflexão e a refração bem como, organizar em slides para projetar suas respectivas ilustrações (Figura 3 à Figura 6).

Os materiais utilizados nesta aula foram:

- Projetor de Multimídia (fornecido pela escola);
- Projeção de vídeos curtos, utilizados nas aulas anteriores (*também disponíveis no o Anexo I do Produto Educacional*); e
- Apresentação de slides para a projeção das figuras 3 a 6 deste trabalho.

A aula foi iniciada com o professor destacando que o estudo das propriedades geométricas da luz é uma área de grande importância no ensino de ciências, na física principalmente. E que estudar a óptica geométrica a partir dos defeitos da visão é uma oportunidade de estudo de forma interdisciplinar, pois abrange diversas áreas, como biologia (anatomia e fisiologia), física e química. Além disso, foram apresentados aos alunos os objetivos específicos desta aula que são: *compreender os fenômenos ópticos que ocorrem em olhos saudáveis; identificar os principais defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo; compreender como esses defeitos de visão afetam os fenômenos ópticos e a formação de imagens e refletir sobre a importância da correção de defeitos visuais na saúde ocular e qualidade de vida.*

Para iniciar a discussão em sala de aula foram elencadas as seguintes questões problematizadoras: *Quais as propriedades básicas da luz relacionadas à visão? Quais são os fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos saudáveis e como eles diferem daqueles que ocorrem quando há defeitos de visão? Como esses fenômenos afetam a visão?* Ao fim desse diálogo inicial foi enfatizado aos alunos que o principal fenômeno óptico na visão é a refração e discutido como a refração ocorre nos olhos saudáveis e como ela difere quando há defeitos de visão.

Os vídeos foram projetados novamente para que os alunos revissem a representação tridimensional de cada um dos principais defeitos de refração não visão. Em seguida foi realizada uma discussão a fim de fortalecer o reconhecimento desses fenômenos ópticos geométricos em outras situações do dia a dia, tais como a refração perceptível quando se coloca uma colher no copo de vidro com água, a reflexão em superfícies lisas e espelhadas, bem como a propagação retilínea da luz (espelhos), dentre outros. O **Apêndice C** traz exemplos de refração e reflexão em materiais do dia a dia, os quais foram usados somente para revisão de conteúdos, mas poderiam ter sido providenciados e levados para demonstração em sala de aula. Esta aula foi concluída com uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular e corrigir defeitos de visão e da sua relevância na compreensão dos

fenômenos ópticos nos olhos. Em um processo contínuo adentramos na aula 4, (as questões avaliativas destas duas aulas foram respondidas juntas).

Figura 22 – Registro da aula 3



Fonte: Registro da aula / Próprio autor, 2024

5.3.1 Análise das questões avaliativas da aula 3

De forma similar às aulas anteriores foram propostas três questões, a fim de analisar o aprendizado sobre os conteúdos estudados, com foco no desenvolvimento científico dos alunos, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula, bem como refletir sobre a influência da interação social. Esta aula foi avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, com o professor e com os conteúdos.

Questões avaliativas referentes à terceira aula:

7. *Os modelos didáticos e ilustrações adicionais utilizados na aula ajudaram você a entender como a luz se comporta ao passar pelos diferentes componentes do olho e como isso resulta na formação de imagens? Se sim, descreva a função de um componente do olho na formação da imagem.*
8. *Você conseguiu relacionar a anatomia do olho com os conceitos de óptica geométrica, como reflexão e refração da luz? Qual sua principal dificuldade e como você a superou?*

9. *De que forma as discussões com os colegas e o uso de modelos e ilustrações adicionais ajudaram você a perceber a importância da anatomia da visão para o estudo de óptica?*

Na questão 7, a pergunta proposta aos alunos busca avaliar a eficácia dos modelos didáticos e ilustrações adicionais no ensino de conceitos ópticos relacionados ao funcionamento do olho humano. Suas respostas ajudam a compreender se os recursos pedagógicos utilizados funcionam como mediadores no processo de construção de saberes, proporcionando uma experiência educativa que favoreça a construção do conhecimento.

Os alunos responderam positivamente à pergunta e descreveram a função de um componente do olho na formação da imagem, demonstrando uma compreensão conceitual integrada à proposta pedagógica. A descrição detalhada do comportamento da luz ao atravessar estruturas como córnea, cristalino ou retina (conforme a escolha do aluno) reflete a capacidade de interpretação de processos complexos de forma articulada. Além disso, a resposta da maioria dos alunos evidencia que os recursos didáticos utilizados conseguem transformar conceitos abstratos em conhecimentos acessíveis.

Em busca de verificar se houve a formação de conceitos superiores (conceitos científicos), a questão 8 questiona se os alunos conseguiram relacionar a anatomia do olho com os conceitos de óptica geométrica, bem como saber se houve dificuldades e superação. Conforme o planejamento da aula, era esperado que os alunos não apresentassem dificuldade de associação entre anatomia do olho e óptica geométrica, tendo em vista a associação dos recursos pedagógicos de forma contextualizada e participativa. Os resultados encontrados foram ao encontro dos resultados esperados.

Segundo Vygotsky, quando o aluno consegue associar um saber superior ao conteúdo estudado, ocorre a formação de conceitos superiores. Essa formação se dá por meio da mediação social e cultural, especialmente através da mediação, como ocorre em sala de aula, que o ensino é organizado de forma a promover a internalização e a integração desses conhecimentos em estruturas cognitivas mais avançadas. O processo reflete o princípio da ZDP, onde o aprendizado ocorre ao conectar conhecimentos prévios (conceitos espontâneos) a novos saberes científicos, permitindo um avanço cognitivo (FINO, 2001).

Por fim, a questão 9 buscou avaliar se os materiais utilizados na aula, a metodologia de ensino e a contextualização a partir da visão humana facilitaram a compreensão dos conceitos científicos estudados (óptica geométrica). As respostas obtidas indicam que os alunos não apenas compreenderam os princípios de óptica geométrica, mas conseguem correlacionar esse entendimento com o funcionamento do olho humano, refletindo a relevância do conteúdo estudado no contexto da vida diária.

A contextualização no ensino de ciências, atua como um elo entre o conteúdo científico e a experiência cotidiana do aluno. Essa abordagem não apenas facilita a assimilação dos conceitos, mas também amplia sua aplicabilidade prática, permitindo que os estudantes compreendam como o aprendizado impacta diretamente sua percepção do mundo (COUTINHO; MIRANDA, 2019).

5.4 Relatos da Aula 4 (Defeitos da visão, formação da imagem e aspectos químicos)

Como na aula anterior, esta aula visou compreender as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos, destacando a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica.

Figura 23 – Conjuntos básicos de lentes para o ensino de óptica geométrica



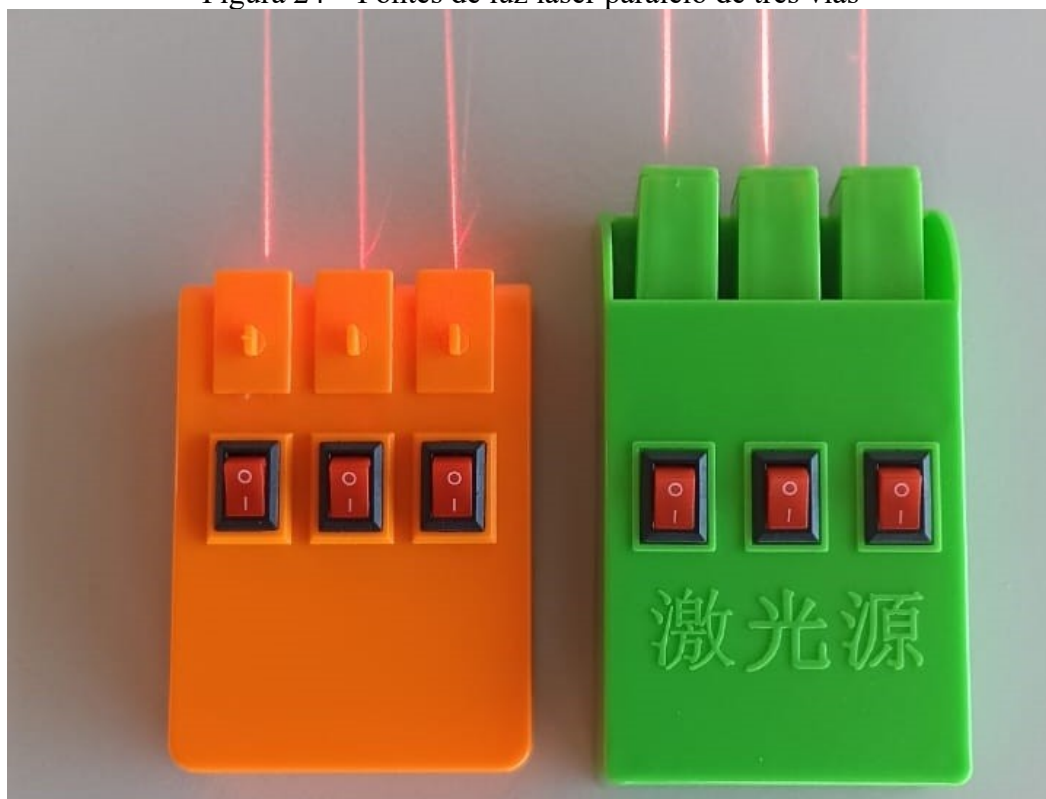
Fonte: Fotografado pelo autor, 2024.

Os materiais utilizados nesta aula foram:

- Modelo fisiológico do olho humano (Figura 17);
- 2 Conjuntos básicos de lentes para o ensino de óptica geométrica (Figura 23); e
- 2 Fontes de luz laser paralelo de três vias (Figura 24).

Os kits de experimentos utilizados, foram comprados via internet e cada um deles custou aproximadamente R\$ 10,00 (dez reais). Embora, eu tenha adquirido dois de cada, um de cada é suficiente para a aplicação dessa sequência didática.

Figura 24 – Fontes de luz laser paralelo de três vias



Fonte: Fotografado pelo autor, 2024.

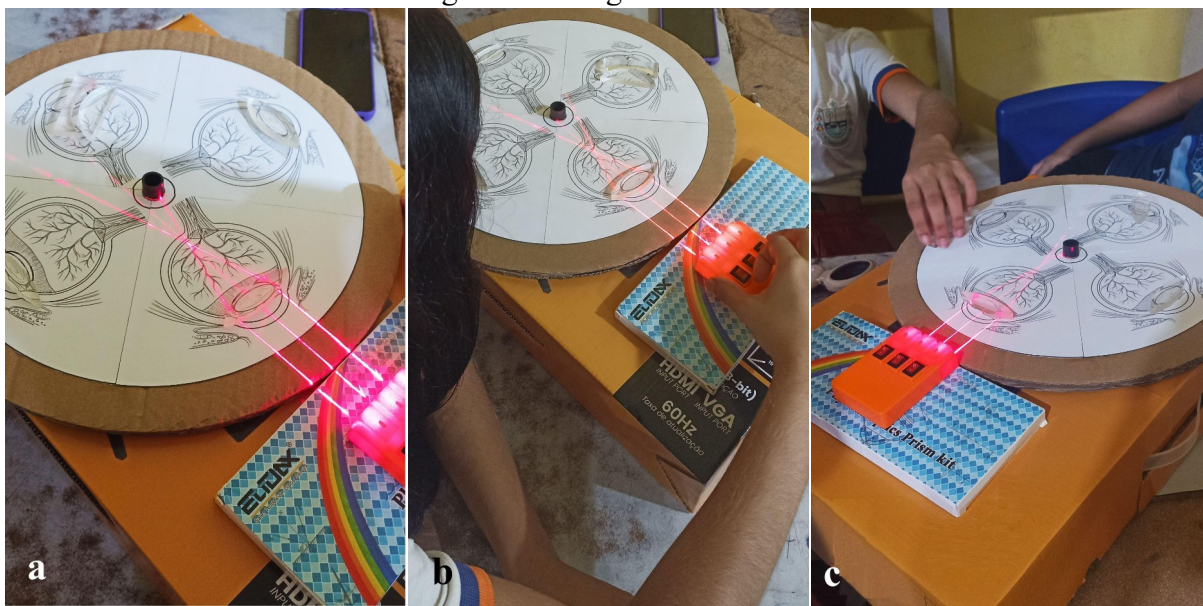
Nesta aula foram estudados os processos de não formação de imagem em diferentes defeitos de visão. E conforme o desenvolvimento da aula foram discutidos os aspectos bioquímicos da formação da imagem na retina. Nesta aula, foram cumpridos os objetivos de: *descrever o processo de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão; e discutir os aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho, como neurotransmissores e reações químicas.*

A aula foi efetivamente iniciada com a seguinte problematização (a partir das aulas realizadas até o momento): *Vocês saberiam descrever como ocorre o processo de não formação de imagem em diferentes defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo? Quais são os aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho e em defeitos de visão?* Como esperado, muitos deles pontuaram que a imagem não é formada quando o foco não está na retina, como na visão normal (emétrope), estando antes ou depois a depender do defeito da visão (defeito de refração). No entanto, nenhum aluno conseguiu correlacionar a formação da imagem com algum evento químico, haja vista que não havia sido tratado ainda desse assunto. Esta introdução foi indispensável para instigar os alunos a pensar como a imagem é interpretada pelo cérebro após ser focada corretamente na retina.

A formação da imagem na visão emétrepe e na visão com defeitos (ametropias), pode ser demonstrada de diferentes maneiras. Na aula anterior foi feita por meio de simulação em vídeo, mas para esta, o produto educacional propõe a construção de uma modelo fisiológico do olho humano o qual representa em 2D seu funcionamento, considerando que nesta etapa o aluno conhece as estruturas do olho humano e suas funções. Com este modelo didático foi demonstrado aos alunos a formação da imagem tanto na visão emétrepe como na visão com ametropia (utilizando lentes adequadas, para cada situação).

Foi preciso dividir a sala em pequenos grupos para facilitar a interação dos mesmos com o modelo didático e para melhor visualização do fenômeno de refração representado em cada situação (ametropia ou emetropia). Os alunos tiveram a oportunidade de manusear e destacaram o quanto consideram enriquecedor ver estes fenômenos através de um modelos simples de ser reproduzidos como esses.

Figura 25 – Registro da aula 4



Legenda: Representação de visão emétrepe (a), visão míope (b) e visão hipermetrópe (c).

Fonte: Registro da aula / Próprio autor, 2024

Considerando que, quando a luz atinge a retina, ela produz reações químicas tanto nos cones como nos bastonetes e que os níveis dessas reações são dependentes da intensidade da luz que atinge as células, um pequeno diálogo relacionado a bioquímica da visão foi realizado. A título de informação foram destacados alguns aspectos químicos do funcionamento do olho, como a própria existência dos cones e bastonetes na retina, a ação de neurotransmissores nas sinapses neurais da retina, as reações químicas envolvidas na transdução de luz em sinais elétricos na retina e na transmissão de sinais visuais ao cérebro, junto à sua interpretação como imagem. Foi recapitulado junto aos alunos os principais

pontos da aula e, em seguida, os mesmos foram orientados a resolver as questões avaliativas relativas às aulas 3 e 4.

5.4.1 Análise das questões avaliativas da aula 4

Semelhante ao que foi feito nas aulas anteriores, foram propostas três questões a fim de analisar o aprendizado sobre os conteúdos estudados, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula, bem como refletir sobre a influência da interação social. Esta aula foi avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelos (didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, com o professor e com os conteúdos.

Questões avaliativas referentes à quarta aula:

10. *Os modelos didáticos e ilustrações adicionais utilizados na aula ajudaram você a entender como os defeitos de visão afetam a formação (ou não formação) de imagens nítidas no olho humano? Justifique sua resposta.*
11. *Você conseguiu relacionar o que aprendeu sobre os defeitos de visão com situações da sua própria vida ou de pessoas que você conhece? Como isso mudou sua percepção sobre a importância de corrigir esses problemas?*
12. *De que forma a aula e as discussões em grupo ajudaram você a compreender por que as lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) conseguem corrigir os defeitos de visão e restaurar a formação correta da imagem?*

A **questão 10** teve como objetivo entender se os modelos didáticos e as ilustrações utilizadas durante a aula ajudaram os alunos a compreender como os defeitos de visão afetam a formação de imagens nítidas no olho humano. As respostas foram positivas, mostraram que a maioria dos alunos considerou os modelos fundamentais para visualizar e entender o deslocamento do foco da luz em casos de miopia, hipermetropia e astigmatismo. A maioria dos alunos mencionaram que a representação clara dos caminhos da luz, associada à manipulação do modelo, facilitou o entendimento. Por exemplo, um aluno destacou que: “o modelo ajudou porque mostrou onde o foco da luz fica em olhos com miopia e hipermetropia” (N. S.). As demais respostas também foram convergentes, como: “ver os focos com o laser em cada um dos defeitos facilitou o entendimento das doenças e da refração” (A. I.) ou “com os modelos utilizados fica melhor de aprender sobre as doenças e sobre os fenômenos que ocorrem com ou sem doença”. Essas observações mostram que a abordagem prática e visual tornou os conceitos mais acessíveis e fáceis de assimilar,

reforçando a importância dos modelos didáticos com recursos pedagógicos no ensino de tópicos abstratos.

Na **questão 11**, os alunos foram incentivados a relacionar o que aprenderam sobre os defeitos de visão com experiências pessoais ou de pessoas próximas. As respostas indicaram que a aula despertou um olhar mais atento para situações do dia a dia, como dificuldades visuais que eles próprios ou familiares enfrentam. Um aluno relatou: “agora percebo que minha mãe tem dificuldade para ler, e fica distanciando o celular do rosto pra ver melhor, isso pode ser algo relacionado à visão, e que ela precisa de óculos” (L. N. S. R.), enquanto outro comentou: “pude perceber melhor por que meu amigo usa óculos, acho que pode ser miopia e/ou astigmatismo” (C. H.). Esses relatos demonstram que o conteúdo foi aplicado além da sala de aula, incentivando reflexões sobre saúde ocular e reforçando a importância de conectar o aprendizado teórico com situações reais.

A **questão 12** buscou compreender como os alunos assimilaram o papel das lentes corretivas na restauração da formação de imagens nítidas. As respostas evidenciaram que os alunos entenderam bem o funcionamento das lentes e o impacto delas na correção dos defeitos de visão. Um aluno explicou: “com os modelos e as explicações, ficou claro como as lentes corrigem o foco da luz para que a imagem se forme na retina, o que melhora a visão” (E. H. C.). Outro destacou sobre o tipo de lente: “entendi como cada tipo de lente funciona diferente, por isso elas são feitas conforme o problema da pessoa, como miopia e hipermetropia, presbiopia ou astigmatismo” (S. C. S.). Além disso, os alunos reconheceram a importância das discussões em grupo para esclarecer dúvidas e consolidar o aprendizado, evidenciando o papel fundamental da interação social no processo educacional.

As respostas às perguntas de avaliação indicam que as metas da aula foram cumpridas com êxito. Os estudantes demonstraram entendimento sobre as imperfeições visuais e o papel das lentes corretivas, vincularam o aprendizado a vivências pessoais e enfatizaram a importância do uso de modelos e interações sociais na formação do saber. Estes achados destacam a relevância de métodos práticos e interativos para tornar o aprendizado de conceitos científicos mais compreensível e pertinente, enquanto estimulam reflexões significativas além do contexto escolar.

5.5 Relatos da Aula 5 (Correção de defeitos visuais e a refração da luz)

Esta aula foi planejada para demonstrar os fenômenos ópticos presentes nas doenças da visão mais comuns (miopia, hipermetropia e astigmatismo), bem como nas correções destes defeitos. Na qual foram revisados os processos de formação de imagem

em diferentes defeitos de visão, demonstrando os fenômenos ópticos presentes com foco na correção dos mesmos. E conforme o desenvolvimento da aula houve a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais para a qualidade de vida.

Nesta aula, foram cumpridos os objetivos de *demonstrar o uso de lentes corretivas; explicar como as lentes corretivas funcionam na correção de defeitos de visão; e compreender (melhor) o fenômeno da refração da luz*. Para o desenvolvimento desta aula, foi preciso compreender previamente as propriedades das lentes, que se encontram no item 2.6 deste trabalho, que aborda a aplicação da óptica geométrica na correção dos defeitos da visão. Bem como, reutilizar o modelo fisiológico do olho humano (Figura 17), construído para a aula anterior, com o auxílio de lentes convergentes e divergentes, para demonstrar como são corrigidos cada um dos quatro defeitos da visão, discutidos neste trabalho.

Os materiais utilizados nesta aula foram, os mesmos utilizados na aula anterior:

- Modelo fisiológico do olho humano (Apêndice 17);
- 2 Conjuntos básicos de lentes para o ensino de óptica geométrica (rever Figura 23);
- 2 Fontes de luz laser paralelo de três vias (rever Figura 24);
- Projetor de Multimídia (fornecido pela escola); e
- Apresentação de slides para a projeção das figuras 7 e 10 deste trabalho.

A aula foi iniciada com uma breve revisão dos defeitos da visão, discutidos nas aulas anteriores, assim como dos fenômenos ópticos associados, tanto aos defeitos, quanto à sua correção. Ao término da revisão, o professor trouxe as seguintes questões problematizadoras para instigar a participação dos alunos: (com base nas aulas anteriores) *o que é a refração da luz? Como as lentes corrigem defeitos de visão?*

As questões problematizadoras, embora simples, contribuíram bastante para a participação dos alunos, pois chama o aluno para o centro da discussão e ele passa a ter participação ativa no processo de ensino e aprendizagem. Nesta etapa, os alunos, já compreendiam o que é refração da luz, e vários deles responderam de diferentes maneiras, como “mudança de direção”, “desvio do caminho”, “desvio dos raios de luz quando muda de ambiente”, “alteração do caminho da luz pela mudança de ambiente”, dentre outras.

Os alunos, já haviam compreendido que o cristalino se adapta, aumentando ou diminuindo sua espessura, logo alguns apontaram, com suas palavras, que a correção dos defeitos da visão deve ser feita com lentes, as quais terão diferença de espessura, conforme a ametropia e seu grau. Destaque-se que a característica destacada por parte deles foi somente a espessura.

A partir deste momento, foram discutidas as propriedades das lentes, explicando como as lentes corretivas funcionam. Foi destacado que o fenômeno físico envolvido é a

refração da luz (assim como ocorre no olho) e descrito como as lentes alteram a trajetória da luz para focar a imagem na retina, conforme suas características. Ficou compreensível que cada defeito da visão exige lente com características diferentes. Foi apontado que a lente mais usada para corrigir a *hipermetropia* é a *lente biconvexa* (foi projetada a Figura 7) e para corrigir a *miopia* é a *lente bicôncava* (foi projetada a Figura 10).

Como a presbiopia, resulta da perda da capacidade de focalizar objetos próximos devido ao envelhecimento do cristalino, são utilizadas lentes multifocais ou bifocais. E, por fim, para corrigir o astigmatismo, são utilizadas lentes cilíndricas que possuem diferentes curvaturas em direções específicas.

Para realizar a demonstração desse fenômeno foi preciso dividir a sala em quatro grupos para melhorar a visualização do fenômeno de refração representado com as lentes para correção dos defeitos da visão e facilitar a interação dos alunos com o modelo didático (Apêndice D e lentes). Novamente, os alunos puderam manipular os modelos utilizados e interagir com os fenômenos estudados, ficando perceptível o envolvimento e satisfação dos mesmos em participar da aula com essa proposta de ensino diferenciada.

Como a quinta e a sexta aula foram realizadas neste, as questões avaliativas desta aula foram respondidas somente ao fim das duas aulas. Ao fim desta aula deu-se prosseguimento à sexta aula.

Figura 26 – Registro da aula 5



Legenda: Momento de participação dos alunos (as).

Fonte: Registro da aula / Próprio autor, 2024

5.5.1 Análise das questões avaliativas da aula 5

Semelhante ao que foi feito nas aulas anteriores, foram propostas três questões a fim de analisar o aprendizado sobre os conteúdos estudados, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula, bem como refletir sobre a influência da interação social. Esta aula foi avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, com o professor e com os conteúdos.

Questões avaliativas referentes à terceira aula:

13. *Como os modelos didáticos utilizados na aula ajudaram você a visualizar e entender como a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo afetam o caminho da luz nos olhos e a formação de imagens?*
14. *Você conseguiu entender como as lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) conseguem ajustar o caminho da luz nos olhos para corrigir os problemas de visão? Qual parte do processo foi mais clara para você?*
15. *Como a troca de ideias com seus colegas e o uso dos modelos didáticos contribuíram para você perceber a importância do conhecimento sobre os fenômenos ópticos envolvidos nas doenças da visão e suas correções?*

A **questão 13** buscou entender se os modelos didáticos utilizados na aula ajudaram os alunos a visualizar e compreender como os defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo, afetam o caminho da luz nos olhos e a formação de imagens. As respostas indicaram que os modelos foram extremamente úteis para tornar o conceito mais claro e acessível. Os relatos dos alunos demonstram que os recursos práticos não só despertaram o interesse dos alunos, mas também facilitaram a compreensão de fenômenos que, sem a visualização concreta, poderiam parecer mais abstratos.

A **questão 14** procurou avaliar se os alunos compreenderam como as lentes corretivas ajustam o caminho da luz nos olhos e quais aspectos desse processo foram mais claros para eles. A maioria dos alunos relataram que entendeu como as lentes convergentes e divergentes funcionam para corrigir problemas como miopia e hipermetropia, além de reconhecer o papel das lentes cilíndricas no astigmatismo. As respostas evidenciam que o uso de modelos associados às explicações teóricas permitiu uma compreensão mais completa do tema.

Finalmente, a **questão 15** procurou entender como a interação entre os colegas e a aplicação de modelos didáticos influenciaram na compreensão da relevância dos fenômenos ópticos ligados às doenças oculares e suas respectivas correções. Vários estudantes enfatizaram a importância das discussões em grupo para elucidar incertezas e potencializar o

aprendizado. Alguns relatos evidenciam o papel crucial da interação social na formação do conhecimento, enfatizando a relevância de um ambiente de colaboração para o aprendizado.

As respostas dos alunos indicam que os objetivos da aula foram completamente alcançados. Os alunos demonstraram um bom entendimento sobre as imperfeições visuais e os princípios da correção óptica, ressaltando a importância dos modelos didáticos utilizados como ferramentas essenciais para tornar os temas mais claros. Além disso, as interações em grupo e a troca de ideias ajudaram a fortalecer o aprendizado, destacando a relevância de estratégias que combinam práticas de colaboração com instrumentos visuais e táteis. Este método não apenas melhorou o aprendizado, mas também incentivou os alunos a participarem ativamente, contribuindo para um ensino mais interativo e pertinente.

5.6 Relatos da Aula 6 (Modelos didáticos e fenômenos ópticos)

Esta aula foi planejada para alcançar o seguinte objetivo específico deste trabalho: *explorar os fenômenos ópticos refração e reflexão e suas aplicações*. Bem como, cumprir o objetivo de *utilizar modelos didáticos, no ensino de óptica geométrica no EF II a fim de facilitar a aprendizagem e estimular a participação dos estudantes*. Momento utilizado para realizar uma síntese dos conteúdos estudados nas aulas anteriores e dos fenômenos físicos representados com os modelos didáticos utilizados e discutir os resultados alcançados com a aplicação desta sequência didática. Assim como *discutir se os modelos didáticos facilitam a compreensão de conceitos científicos e reforçar a importância da experimentação e da visualização na aprendizagem*.

Os materiais utilizados nesta aula foram:

- 2 modelos didáticos da estrutura do olho humano (Apêndice A);
- Modelo fisiológico do olho humano (Apêndice D);
- 2 Conjuntos básicos de lentes para o ensino de óptica geométrica (rever Figura 16); e
- 2 Fontes de luz laser paralelo de três vias (rever Figura 17).

A sexta aula ocorreu imediatamente após a aula cinco (no mesmo encontro). Inicialmente, os alunos foram questionados *como os modelos didáticos representam e auxiliam na compreensão de fenômenos ópticos, como refração e reflexão? Qual é a importância dos modelos didáticos na aprendizagem?* (considerando os materiais utilizados nesta sequência didática). Com entusiasmo, a maioria respondeu que os modelos didáticos “tornam tudo mais visual e fácil de entender”, “ajudaram a fixar as ideias” é “como se o conteúdo saísse do papel e ganhasse vida”. Ainda completaram, dizendo que, “os modelos didáticos deixam a aula muito mais divertida e prática”. “É tipo um laboratório visual, onde

dá pra aprender experimentando e vendo como as coisas funcionam." Ao final dessa discussão, o professor enfatizou a importância de compreender fenômenos ópticos, como refração e reflexão, e como eles estão presentes em nossa vida cotidiana.

Em seguida, foi feita uma síntese de tudo que foi estudado nestes três encontros (seis aulas) e como a óptica geométrica foi estudada e representada através dos modelos didáticos, simulações (vídeos), ilustrações e exemplos do cotidiano. Como elencado a seguir:

1. Modelo didático do olho humano, projeção de suas fotos e do *corte medial do olho para destacar as estruturas (plano sagital)* - *Figura 14*. Com os quais foi possível descrever o “caminho da luz”, no olho humano, para a formação da imagem. Destacando a função dos componentes oculares e os princípios de **propagação retilínea da luz, refração e reflexão** (com exemplos associados, como espelho).
2. Simulações das ametropias (miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo) em vídeos (**Anexo I** do Produto Educacional). Nestas simulações, além da demonstração das ametropias citadas foi possível destacar a **propagação retilínea da luz, refração e foco da imagem**. Visto que, o foco da imagem em uma lente convergente, como o olho humano, é o ponto onde os raios de luz que passam pela lente se encontram após a refração. Um foco real antes da retina (miopia), na retina (emetropia), um foco virtual após a retina (hipermetropia ou presbiopia) ou mais de um foco (astigmatismo).
3. Projeção das ilustrações contidas nas figuras 3 a 6 deste trabalho. Com as quais foram estudados a propagação retilínea da luz, representação da câmara escura, reflexão regular e reflexão difusa da luz e por fim a refração entre dois meios com índices de refração distintos.
4. Modelo fisiológico do olho humano (Figura 17) associado aos conjuntos básicos de lentes para o ensino de óptica geométrica (rever Figura 16) e às fontes de luz laser paralelo de três vias (rever Figura 17). Com eles foi demonstrado a formação da imagem tanto na visão emétrepe como na visão com ametropia (utilizando lentes adequadas, para cada situação). Bem como, foram discutidas as propriedades das lentes, explicando como as lentes corretivas funcionam.

Os alunos utilizaram alguns minutos para resolver as questões avaliativas da aula 5 (visto que não foram preparadas questões referentes à aula 6). Em seguida, o professor fez uma reflexão sobre a importância dos modelos didáticos, da experimentação (e simulação) e da visualização por meio de diagramas e imagens para o fortalecimento da aprendizagem. Bem como da contextualização a partir de situações do dia a dia (defeitos da visão) para

estimular o estudo dos fenômenos científicos (como a óptica geométrica). E a aula foi concluída.

Figura 27 – Registro da aula 6



Legenda: Momento de socialização e discussão dos conteúdos.

Fonte: Registro da aula / Próprio autor, 2024

O próximo capítulo será o capítulo final tem como propósito apresentar as considerações finais deste trabalho, retomando os principais objetivos, hipóteses e resultados discutidos ao longo da dissertação. Sintetizar as contribuições da pesquisa, destacando os achados mais relevantes e sua relação com a problemática proposta. Além disso, serão discutidas as limitações do estudo, indicando possíveis lacunas que permaneceram em aberto e que podem ser exploradas em investigações futuras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta dissertação foi propor uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica no ensino fundamental a partir dos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos. A estruturação do trabalho visou lidar com os obstáculos do ensino de ciências, tais como a abstração dos conceitos, a escassez de recursos didáticos práticos e a falta de conexão entre o conteúdo teórico e as vivências diárias dos estudantes. Utilizando a teoria sociocultural de Vygotsky, com intuito de combinar a mediação pedagógica, a contextualização e a interação social para fomentar um aprendizado relevante.

Os princípios teóricos e práticos que fundamentaram a criação do produto educacional, junto aos aspectos físicos, anatômicos e bioquímicos ligados à visão humana, foram apresentados inicialmente. A sequência didática proposta foi estruturada em seis aulas, cada uma com metas específicas voltadas para a compreensão dos fenômenos ópticos, das imperfeições visuais e suas respectivas correções, utilizando modelos didáticos. As aulas foram conduzidas de forma prática e interativa, permitindo que os estudantes explorassem os temas através da manipulação de materiais, observação de fenômenos e da discussão em grupo.

Os resultados da aplicação da sequência didática evidenciaram o impacto positivo dos modelos didáticos aliados a uma abordagem interdisciplinar e contextualizada no ensino de óptica. Esses elementos se mostraram eficazes para superar desafios tradicionais de aprendizado, frequentemente associados à abstração dos conceitos da óptica geométrica. Conceitos muitas vezes considerados difíceis de assimilar, como os princípios de formação de imagens e a propagação da luz, tornaram-se mais acessíveis e compreensíveis quando associados a situações concretas, como os defeitos visuais amplamente explorados: miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo.

O envolvimento ativo dos estudantes foi um dos fatores-chave para o sucesso dessa abordagem. A troca de ideias e a interação social em atividades práticas proporcionaram um ambiente de aprendizado dinâmico, alinhado aos fundamentos da Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky. Essa dinâmica permitiu que os alunos, com o auxílio de colegas e mediadores, avançassem em sua compreensão de conceitos inicialmente desafiadores. Além disso, a abordagem favoreceu a construção social de conhecimentos, conectando a ciência ao cotidiano dos estudantes e demonstrando a relevância prática de temas como a formação da imagem no olho humano e o uso de lentes corretivas.

Os objetivos gerais e específicos delineados no início do trabalho foram plenamente alcançados. Os estudantes não apenas demonstraram compreender os fenômenos

ópticos apresentados, como também foram capazes de relacioná-los à aplicação prática no cuidado com a saúde ocular. A sequência didática revelou-se uma ferramenta poderosa para sensibilizar os alunos sobre a importância dos cuidados preventivos com os olhos, integrando o ensino de ciências a questões de bem-estar e saúde.

Esse estudo oferece uma contribuição valiosa ao propor uma metodologia inovadora para o ensino de óptica geométrica. Sua replicação e adaptação para diferentes contextos de ensino têm o potencial de transformar a forma como conceitos científicos são ensinados, especialmente em cenários onde os recursos laboratoriais são limitados. Além de promover o aprendizado de tópicos específicos, essa abordagem fortalece competências fundamentais para a formação de cidadãos no mundo contemporâneo, como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a colaboração em equipe.

Recomenda-se que pesquisas futuras expandam o uso dessa sequência didática para outros níveis de ensino, tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio. Ajustar os conteúdos e recursos utilizados às especificidades de cada faixa etária pode contribuir para a ampliação de sua eficácia. Também seria interessante investigar o impacto a longo prazo dessa estratégia na motivação e no desempenho escolar dos estudantes em ciências. Complementar os modelos didáticos tradicionais com tecnologias como simuladores digitais e realidade aumentada também apresenta um caminho promissor para enriquecer ainda mais a experiência de aprendizado.

Em síntese, este trabalho reforça a importância de métodos pedagógicos que integrem teoria e prática, promovendo a interação social e a contextualização no ensino de ciências. Ao conectar os conceitos científicos à realidade dos estudantes e mediar um aprendizado relevante que permita avanços cognitivos, essa abordagem contribui para a formação de indivíduos mais críticos, conscientes e preparados para aplicar o saber científico em suas vidas e comunidades.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Escola em Tempo Integral. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral>. Acesso em: 07 dez. 2024.

BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica.** *Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006. v. 2.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. Editora Perspectiva, São Paulo, 1974.

COLL, C; SCHILLING, Cl. **Psicologia e currículo: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar**. 5. ed. São Paulo: Ática, 2003. 200 p.

COUTINHO, C.; MIRANDA, A. C. G. Formação inicial de professores de Ciências da Natureza: relatos de uma prática docente diferenciada. *Revista Insignare Scientia*, [S. I.], v. 2, n. 2, p. 221-231, 2019.

COUTINHO, C., & MIRANDA, G. Contextualização no ensino de ciências: Uma abordagem significativa para o aprendizado escolar. **Revista de Educação Científica e Tecnológica**, 3(4), 58-70. 2019.

DUSO, F. A mediação pedagógica no ensino de ciências: Reflexões sobre a formação docente e prática pedagógica. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Matemática**, 1(1), 25-45. 2013.

DUSO, L. et al. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 15, núm. 2, p. 29-44 mai. - ago., 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129528214003>. Acesso em: 10 de dez. de 2024.

FINO, C. N. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. **Revista Portuguesa de Educação**, [S. I.], v. 14, n. 2, p. 273-291, 2001. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.13/799>. Acesso em: 09 de jan. de 2024.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2002. 387 p.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. I.], v. 17, n. 1, p. 59-79. 2012. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/207/141>. Acesso em: 10 de mai. de 2024.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Saunders Elsevier, 2006.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física, volume 4 : óptica e física moderna** (tradução Ronaldo Sérgio de Biasi) - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

HECHT, E. **Optics**. 5. ed. - New York: Pearson, 2017.

HENEINE, Ibrahim Felipe. **Biofísica Básica**. São Paulo: Atheneu, 2006. 391 p.

HERNÁNDEZ, F.; VENTURA, M. **Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Lentes esféricas. **Só Física**. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2024. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Lentesesfericas/lentesesfericas.php>. Acesso em: 05 de mai. de 2024.

MARTINAND, J. L. Introduction à la modélisation. *In.: Séminaire de didactique des disciplines technologiques*, 1994–1995, ENS, Cachan, *Actes...* 1996.

MATOS, C. H. C. et al. Utilização de modelos didáticos no ensino de entomologia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 19-23, 2009.

NASCIMENTO, M. M. O professor de Física na escola pública estadual brasileira: desigualdades reveladas pelo Censo escolar de 2018. **Rev. Bras. Ensino Fís.** 42, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0187>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica 4: ótica, relatividade, física quântica** - 2. ed. - São Paulo: Blucher, 2014.

ORLANDO, T. C. et al. A Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento: Equilibração das estruturas cognitivas**. São Paulo: Martins Fontes. 1976.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 12. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

SILVA, A. A. **Concepções espontâneas de alunos do 1º ano do ensino médio sobre as três leis do movimento de Newton, através de atividades experimentais com material alternativo**. 2013. Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Universidade Virtual, Universidade Federal do Ceará, Camocim, 2013.

SILVA, A. A.; MAURIZ, T. R. M.; AYRES, M. C. C.; RAMOS, J. C. F.; COSTA, C. R. M.; SANTOS, R. C. Uso de modelos didáticos no ensino de ciências no ensino fundamental sob a perspectiva dos professores. **Somma: Revista Científica do Instituto Federal do Piauí**, Teresina, v. 7, p. 1–20, 2022. DOI: 10.51361/somma.v7i1.113. Disponível em: <https://revistas.ifpi.edu.br/index.php/somma/article/view/16>. Acesso em: 21 maio. 2024.

TEIXEIRA, M. M. O que é reflexão da luz? **Brasil Escola**, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-reflexao-luz.htm>. Acesso em: 04 mai. de 2024.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes. 1987.

VYGOTSKY, L. S. *Mind in Society – The Development of Higher Psychological Process*. Cambridge MA: Harvard University Press. 1978.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WERTSCH, J. V.; STONE, C. The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions. *In.*: WERTSCH, J. V. (Ed.), **Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives.** Cambridge MA: Cambridge University Press. 1985.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**O ENSINO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL
POR MEIO DA MODELAGEM DIDÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO
OLHO HUMANO NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA E
INTERDISCIPLINAR**

AUTORES:

Antônio Araújo Da Silva
Rafael Castelo Guedes Martins
Erlania Lima De Oliveira

MOSSORÓ

2025

ANTÔNIO ARAÚJO DA SILVA

**O ENSINO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ENSINO FUNDAMENTAL
POR MEIO DA MODELAGEM DIDÁTICA DO FUNCIONAMENTO DO
OLHO HUMANO NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA E
INTERDISCIPLINAR**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins
Coorientadora: Profa. Dra. Erlania Lima de Oliveira

MOSSORÓ

2025

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	4
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo Geral.....	5
2.2 Objetivos Específicos.....	5
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
3.1 Anatomia do Olho Humano.....	6
3.2 Biofísica do Olho Humano.....	8
3.3 Principais defeitos da Visão.....	10
3.3.1 Miopia.....	10
3.3.2 Hipermetropia.....	11
3.3.3 Presbiopia.....	11
3.3.4 Astigmatismo.....	12
3.4 Desafios e Perceptivas no Ensino de Ciências.....	12
3.4.1 Modelos Didáticos no Ensino de Ciências.....	13
4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	15
4.1 Apresentação do Produto Educacional.....	15
4.2 Desenvolvimento do Produto Educacional.....	16
5 RESULTADOS ESPERADOS.....	28
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
APÊNDICE A – ESTRUTURA DO OLHO HUMANO.....	32
APÊNDICE B – RESUMO DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO.....	34
APÊNDICE C – EXEMPLOS DE REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ.....	35
APÊNDICE D – MODELO FISIOLÓGICO DO OLHO HUMANO.....	36
APÊNDICE E – CONCEITOS BASILARES DE ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	40
ANEXO I – REPRESENTAÇÃO DOS DEFEITOS DA VISÃO.....	44

RESUMO

O produto educacional apresenta uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica geométrica no ensino fundamental a partir dos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos. Essa sequência abordará conceitos de óptica, anatomia do olho humano, doenças da visão, correção de defeitos visuais e, quando apropriado, destaca aspectos relacionados à química no funcionamento ocular. Essa sequência didática proporciona uma abordagem interdisciplinar que combina conceitos de física, anatomia, biologia e química, permitindo aos alunos compreenderem a complexidade dos defeitos da visão e como eles podem ser corrigidos. Além disso, o uso de modelos didáticos ajuda a tornar os conceitos ópticos mais tangíveis e compreensíveis. Essa sequência didática é proposta para ser desenvolvida em seis aulas.

1 INTRODUÇÃO

A interdisciplinaridade no ensino de ciências é muito importante para que os estudantes compreendam que as diferentes áreas da ciência não estão isoladas, mas sim interligadas, permitindo ao estudante a compreensão de como as diversas áreas se relacionam e se complementam. Com isso, é possível contribuir para o desenvolvimento de habilidades importantes como observar, questionar, analisar, sintetizar, e aplicar o conhecimento em diferentes contextos.

Um exemplo da importância da interdisciplinaridade se dá na compreensão do funcionamento do corpo humano. A física é responsável por explicar diversos fenômenos que acontecem no organismo, como o processo de contração muscular, a circulação sanguínea e a respiração. Já a biologia é a área responsável por estudar a estrutura e o funcionamento dos organismos vivos. Portanto, a interdisciplinaridade traz inúmeros benefícios no ensino de ciências, possibilitando um ensino mais completo, rico e contextualizado, além de despertar o interesse dos estudantes pela ciência, aumentando a motivação e o aprendizado.

Um exemplo prático da interdisciplinaridade de física e biologia – e anatomia – relacionada à visão envolve o estudo do funcionamento do olho humano. Para que o estudante compreenda como enxergamos, é necessário que conheça a anatomia do olho e seu funcionamento mecânico, como por exemplo, o papel da córnea na refração da luz e o funcionamento do músculo ciliar que ajusta a lente do olho para acomodar objetos próximos ou distantes. Além disso, a biologia é importante para explicar como as células da retina são responsáveis pela formação da imagem, e o processo de transmissão do sinal nervoso do olho para o cérebro.

Neste contexto, o uso de modelos didáticos no ensino de anatomia da visão e óptica é fundamental porque permite que os estudantes possam visualizar e compreender melhor as estruturas e fenômenos relacionados à visão. Além disso, os modelos permitem que os estudantes possam ver de forma concreta e realista como ocorrem os problemas de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo. Dessa forma, o uso de modelos didáticos, numa perspectiva interdisciplinar e contextualizada podem transformar o ensino de óptica, anatomia do olho humano e entendimento de doenças relacionadas à visão humana em algo mais concreto e realista. Permitindo assim que os estudantes possam aprender de forma mais eficiente e possibilitando um maior desenvolvimento de seus conhecimentos sobre a visão e seus problemas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Promover a aprendizagem de óptica no ensino fundamental, em uma perspectiva interacionista, por meio do uso de modelos didáticos relacionados aos problemas da visão, com enfoque interdisciplinar e contextualizado à realidade dos alunos.

2.2 Objetivos Específicos

Explorar as concepções espontâneas de estudantes de ensino fundamental sobre os fenômenos ópticos geométricos relacionados aos problemas da visão.

Utilizar modelos didáticos, no ensino de óptica geométrica no Ensino Fundamental II (EF II) a fim de facilitar a aprendizagem e estimular a participação dos estudantes.

Apresentar a anatomia do olho por meio de modelos didáticos e destacar a sua relação com a formação de imagens para desenvolver o entendimento da óptica geométrica envolvida no sistema visual humano.

Demonstrar as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos, destacando a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica.

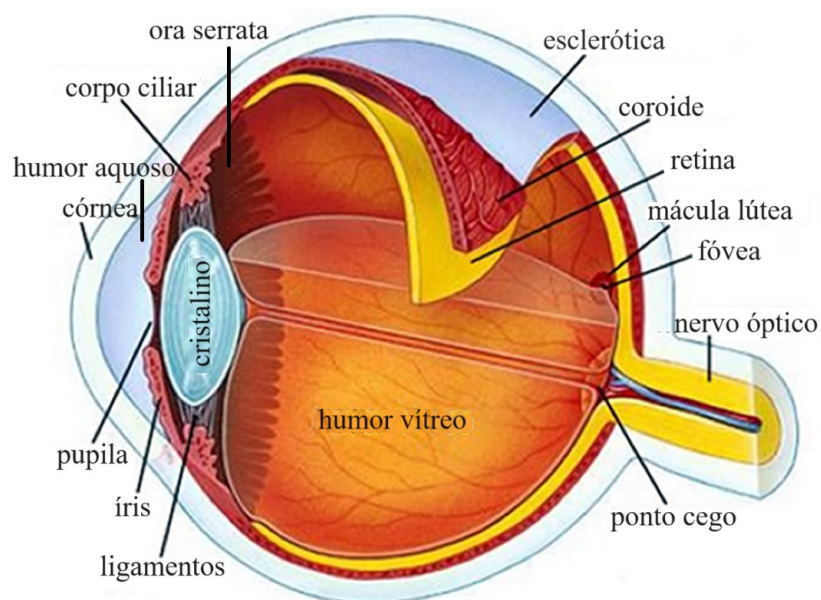
Demonstrar os fenômenos ópticos presentes nas doenças da visão mais comuns (miopia, hipermetropia e astigmatismo), bem como nas correções destes defeitos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Anatomia do Olho Humano

O olho humano pode ser considerado uma espécie de câmera biológica altamente sofisticada, com a capacidade de capturar e processar imagens do ambiente ao nosso redor. Nesse contexto, a esclerótica e a córnea desempenham papéis fundamentais na proteção e na transmissão da luz para o interior do globo ocular, de maneira semelhante ao corpo e à tela de uma televisão de modelo antigo (HENEINE, 2006). Neste tópico, serão descritos anatomicamente os principais componentes do olho humano.

Figura 1 – Estruturas do olho humano



Fonte: CCOlhos (adaptado pelos autores), 2024

A esclerótica, que dá forma ao globo ocular, é uma estrutura resistente que proporciona suporte e proteção aos tecidos internos. Ela desempenha um papel essencial na preservação e na integridade dos sistemas internos. Na parte frontal do globo ocular, a córnea é a primeira lente através da qual a luz entra no olho. Sua transparência e curvatura são cruciais para a focalização da imagem na retina e desempenham um papel central na formação da imagem.

Além de suas funções protetoras e ópticas, a esclerótica e a córnea também desempenham papéis complementares na adaptação do olho a diferentes condições ambientais e na regulação da quantidade de luz que entra no globo ocular, garantindo assim uma visão clara e confortável.

Internamente o olho humano é composto por duas câmaras principais: a câmara anterior e a câmara posterior. Essas câmaras são preenchidas por fluidos específicos que desempenham papéis essenciais no suporte estrutural, na nutrição e na manutenção da forma do globo ocular (HENEINE, 2006).

A câmara anterior é a região localizada entre a córnea, na parte frontal do olho, e a íris, a estrutura colorida que controla a quantidade de luz que entra no olho. Essa câmara é preenchida por um fluido claro chamado humor aquoso. O humor aquoso é produzido pelo corpo ciliar, uma estrutura localizada na periferia da íris. Ele é responsável por fornecer nutrientes para as estruturas avasculares do olho, como a córnea, e por manter a pressão intraocular adequada para suportar a forma esférica do globo ocular.

A câmara posterior é a região localizada entre a íris, na parte anterior, e a retina, na parte posterior do olho. Essa câmara é preenchida por um gel transparente chamado humor vítreo. O humor vítreo é uma substância gelatinosa composta principalmente por água e colágeno, que confere suporte estrutural ao globo ocular e mantém a forma esférica do olho. Ele também ajuda a manter a retina em contato com a coroide, a camada vascular que fornece oxigênio e nutrientes à retina.

Esses fluidos, o humor aquoso e o humor vítreo, desempenham papéis vitais na manutenção da saúde e da função do olho humano. Eles não apenas fornecem suporte estrutural e nutrição às diferentes estruturas oculares, mas também ajudam na transmissão de luz e na manutenção da pressão intraocular adequada. O equilíbrio dinâmico entre a produção e a drenagem desses fluidos é essencial para garantir uma visão adequada e a saúde ocular em geral. Destaque-se que há outras estruturas existentes no olho humano que são essenciais no seu funcionamento, como veremos a seguir.

A íris é a estrutura colorida do olho humano que controla a quantidade de luz que entra no globo ocular, atuando como uma espécie de diafragma natural (HENEINE, 2006). Ela consiste em um disco circular com um orifício no centro chamado de pupila, cujo diâmetro pode se contrair ou dilatar em resposta às variações de luminosidade do ambiente. Anatomicamente, a íris é composta por dois tipos de músculos lisos: os músculos esfínteres da pupila, que contraem a pupila em resposta à luz intensa (miose), e os músculos dilatadores da pupila, que dilatam a pupila em condições de baixa luminosidade (midríase). Além de sua função de controle da entrada de luz, a íris também confere a cor característica dos olhos humanos.

O cristalino é uma estrutura transparente e biconvexa, situada atrás da íris, fundamental para o processo de focagem visual. Composto principalmente por fibras organizadas em camadas concêntricas, sua principal função é ajustar o foco da visão através

do processo de acomodação (HENEINE, 2006). Quando os músculos ciliares ao redor do cristalino se contraem, este assume uma forma mais esférica, aumentando sua potência refrativa para focalizar objetos próximos, mas ao relaxarem, o cristalino se torna menos esférico, diminuindo sua potência refrativa para focalizar objetos distantes. Sua transparência é vital para permitir a passagem de luz sem dispersão ou absorção, garantindo a formação de imagens claras na retina. Alterações na transparência ou na forma do cristalino podem resultar em distúrbios visuais.

A retina, uma fina camada localizada na parte posterior do olho, é composta por diversos componentes essenciais para a percepção visual. Entre esses componentes, destacam-se os fotorreceptores, representados pelos cones e bastonetes, localizados na superfície da retina. Os cones são responsáveis pela visão de cores e estão concentrados principalmente na região central da retina, conhecida como mácula lútea, onde encontramos a fóvea central, uma pequena depressão que abriga o maior número de cones e proporciona a visão mais nítida. Já os bastonetes são responsáveis pela visão periférica e pela visão em condições de baixa luminosidade, estando distribuídos de maneira mais ampla por toda a retina, com exceção da região foveal.

Na retina, a mácula lútea, região onde a densidade de fotorreceptores é maior, é crucial para a acuidade visual e a percepção de detalhes finos, enquanto a fóvea central é o ponto de maior acuidade visual na retina, permitindo uma visão extremamente precisa de objetos em foco direto. Esses componentes anatômicos da retina trabalham em conjunto para fornecer uma visão detalhada e precisa do ambiente ao nosso redor.

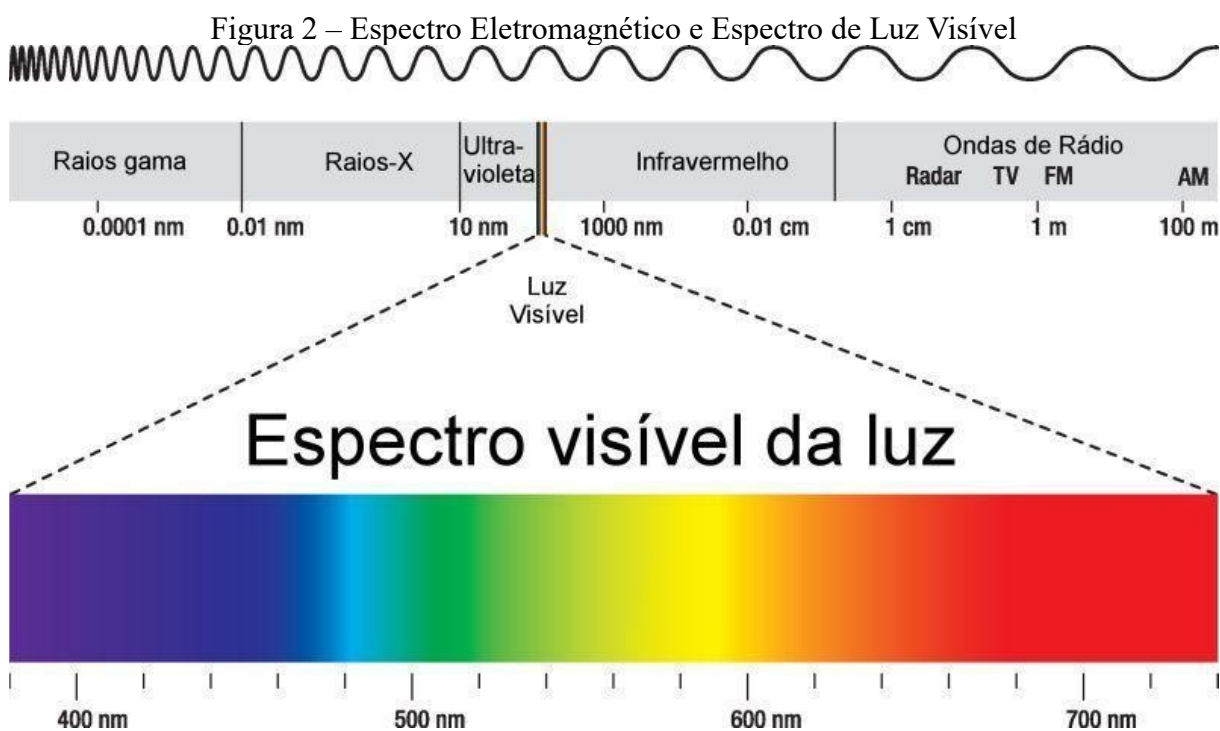
Localizado na retina, há também o disco óptico (ponto cego do olho), na região onde o nervo óptico emerge e deixa o olho para transmitir os sinais visuais ao cérebro. Nesse ponto, não há células fotorreceptoras, como cones ou bastonetes, responsáveis pela captura da luz e pela formação de imagens. Portanto, qualquer imagem projetada sobre o ponto cego não é detectada pelo olho e não é percebida conscientemente. No entanto, o cérebro possui mecanismos compensatórios que preenchem essa lacuna perceptiva, tornando o ponto cego geralmente imperceptível em condições normais de visão.

3.2 Biofísica do Olho Humano

A visão humana é um dos sistemas que desempenha funções sensoriais e apresenta aspectos biofísicos ímpares. O olho humano e seus acessórios refletem a complexidade intrínseca das interações entre a luz e os sistemas biológicos. Ao considerar a

dualidade onda-partícula da luz, nossa percepção visual assume um papel central na análise dessa dualidade (HENEINE, 2006).

Em sua natureza ondulatória, a luz é caracterizada por sua propagação como uma onda eletromagnética, que é essencial para a percepção visual. O espectro eletromagnético, que abrange desde as ondas longas de rádio até os raios γ (gama), é fundamental para nossa capacidade de enxergar. A luz visível, uma pequena porção desse espectro, situa-se entre a radiação infravermelha e a radiação ultravioleta, é especialmente relevante para nossa percepção visual, pois nossos olhos são sensíveis a essa faixa específica de comprimentos de onda. A frequência que percebemos está contida na faixa de 4×10^{14} Hz¹ (vermelho) e 7×10^{14} Hz (violeta), denominado espectro visível (GARCIA, 2002).



Fonte: Ilustração de Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

No entanto, a luz também exibe comportamento corpuscular, ou seja, pode ser entendida como partículas discretas chamadas fótons. Essa natureza da luz é fundamental para a compreensão de fenômenos como a absorção de fótons pelos fotorreceptores da retina. Os quais são absorvidos pelos cones e bastonetes da retina, desencadeando uma cascata de eventos bioquímicos que culmina na geração de sinais elétricos transmitidos ao cérebro.

Portanto, a visão humana não apenas é capaz de perceber a luz como uma onda eletromagnética, mas também é sensível à sua natureza corpuscular, permitindo-nos assimilar

¹ Hz: Hertz

informações visuais essenciais para nossa experiência perceptiva. Essa capacidade única da visão humana de tratar a luz em seus dois aspectos fundamentais, onda e partícula, exemplifica a complexidade e a sofisticação dos sistemas biológicos envolvidos na percepção visual. Neste trabalho discutiremos principalmente a natureza eletromagnética da luz, visto ser direcionado para o ensino de óptica geométrica, não desconsiderando sua natureza corpuscular, nem sua interdisciplinaridade com a bioquímica.

3.3 Principais defeitos da Visão

3.3.1 *Miopia*

A miopia, uma condição oftalmológica comum, é caracterizada por uma visão em que os objetos distantes aparecem desfocados, enquanto os objetos próximos são vistos perfeitamente. Essa condição é geralmente associada a um comprimento axial aumentado do globo ocular, aumento da curvatura da córnea ou potência refrativa inadequada do cristalino, o que leva a um erro refrativo. O fenômeno físico crucial envolvido na miopia é a refração da luz pelo sistema óptico do olho.

Com a mudança de meio de propagação do ar para as estruturas do olho, a luz sofre refração nos meios transparentes, a córnea e o cristalino. Em termos biofísicos, a miopia é resultado de um defeito de forma do globo ocular que causa uma aberração refrativa no sistema óptico do olho. No olho míope, a córnea ou o cristalino convergem a luz mais que o necessário, resultando em um foco da imagem antes da retina, em vez de ser sobre ela, como na visão normal. Isso faz com que objetos distantes pareçam desfocados (GARCIA, 2002).

Para ilustrar, imagine um projetor de slides que projeta uma imagem em uma tela. Se a lente do projetor não estiver ajustada corretamente, a imagem pode ficar desfocada. Da mesma forma, quando a luz entra em um olho míope, a imagem é formada antes da retina, levando a uma visão embaçada dos objetos distantes. Por isso, alunos míopes (quando não usam lentes corretivas) sentam nas carteiras mais próximas ao quadro e quando não o fazem não conseguem enxergar completamente.

3.3.2 *Hipermetropia*

A hipermetropia é uma condição oftalmológica comum, a qual se caracteriza por uma visão em que os objetos próximos aparecem desfocados, enquanto os objetos mais distantes são vistos perfeitamente. Ao contrário da miopia, essa condição é geralmente

associada a um comprimento axial diminuído do globo ocular, o que também leva a um erro refrativo, sendo também caracterizada como um defeito de forma. Ela também pode ser causada pela redução da curvatura da córnea ou pela potência refrativa inadequada do cristalino. Esta anomalia no sistema óptico do olho faz com que a luz seja focalizada, virtualmente, atrás da retina em vez de diretamente sobre ela, resultando em uma visão borrada ou pouco nítida de objetos próximos (GARCIA, 2002).

O mecanismo físico subjacente à hipermetropia é a divergência insuficiente dos raios de luz. Em indivíduos hipermétropes, a focalização da imagem além da retina pode ser corrigida com o uso de lentes convergentes, tais como óculos ou lentes de contato, que direcionam os raios de luz para focalizar adequadamente na retina, restaurando assim uma visão clara e nítida.

3.3.3 Presbiopia

A presbiopia é uma condição oftalmológica com resultados semelhantes à hipermetropia (comum em pessoas idosas), a também se apresenta por uma visão em que os objetos próximos são desfocados. No entanto, sua causa não está relacionada ao comprimento axial do globo ocular, mas sim ao envelhecimento natural dos indivíduos.

Com o avanço da idade, os músculos ciliares enfraquecem e o cristalino tem a elasticidade e a extensibilidade reduzidas. Por causa disso, surge a dificuldade de acomodação do olho para enxergar objetos próximos e a distância do *ponto próximo* se afasta do olho (GARCIA, 2002). Destaque-se que, *ponto próximo* na visão humana é o ponto mais próximo em relação aos olhos onde um objeto pode ser focado com clareza sem causar tensão ocular excessiva. Em outras palavras, é a distância mínima na qual o olho consegue focalizar um objeto de forma nítida. Assim como na hipermetropia, na presbiopia o foco da imagem é além da retina, e pode ser corrigido com lentes convergentes (geralmente bifocais ou multifocais).

A presbiopia não é um defeito da visão que possa ser encontrado entre alunos de ensino fundamental (por ser relacionada ao avanço da idade), mas certamente é comum entre seus familiares e os mesmos devem ter contato com as lentes bifocais ou multifocais utilizadas para correção da presbiopia.

3.3.4 Astigmatismo

O astigmatismo é uma condição oftalmológica que afeta a forma da córnea ou, raramente, do cristalino. Nesta condição, a córnea tem um formato irregular e apresenta

diferença no raio de curvatura em alguns locais, por isso, os raios de luz não convergem em um foco comum, resultando em uma visão distorcida ou borrada (GUYTON; HALL, 2006).

Ao contrário da córnea (ou do cristalino) em forma de esfera perfeita, indivíduos com astigmatismo possuem uma córnea ou cristalino que apresenta uma forma mais ovalada ou irregular. Esta irregularidade na curvatura óptica causa uma assimetria no modo como os raios de luz são refratados, levando a diferentes pontos focais para diferentes meridianos do olho. Como resultado, os objetos podem parecer distorcidos ou desfocados, tanto de perto quanto de longe. Como o poder de acomodação do olho não tem capacidade de compensar o astigmatismo, o mesmo é corrigido com a utilização de lentes cilíndricas (GARCIA, 2002).

Em uma pessoa com astigmatismo, em vez de convergir para um único ponto focal, os raios de luz são dispersos em diferentes direções, o que resulta numa visão distorcida. Podendo apresentar visão embaçada, distorcida ou dupla, desconforto ocular, fadiga visual e dores de cabeça. O astigmatismo pode ser corrigido com o uso de lentes cilíndricas especiais que compensam a curvatura irregular da córnea ou do cristalino, permitindo uma visão mais clara e nítida.

Os sintomas do astigmatismo, assim como de outros defeitos da visão podem atrapalhar a vida escolar dos alunos no ensino fundamental, resultando em dificuldades de aprendizagem, por isso, é muito importante que estas anomalias sejam identificadas e tratadas com as lentes corretivas, conforme cada caso.

3.4 Desafios e Perceptivas no Ensino de Ciências

O ensino de ciências no ensino fundamental enfrenta uma série de desafios que afetam diretamente o aprendizado dos estudantes. Compreender essas dificuldades é fundamental para desenvolver estratégias pedagógicas mais eficazes. Entre os principais desafios, destacam-se a complexidade dos conceitos, a carência de material didático adequado, a formação dos professores, a falta de contextualização, dentre outras.

Os conceitos científicos muitas vezes são abstratos e desafiadores para alunos em fase de formação intelectual. A complexidade pode resultar em desinteresse e dificuldade de assimilação. A falta de recursos didáticos apropriados é um obstáculo significativo. Livros desatualizados, falta de laboratórios e carência de materiais de apoio podem limitar a experiência prática dos alunos (SILVA, 2013).

Em relação à formação, há diversos professores que muitas vezes enfrentam lacunas na sua própria formação em ciências, pois muitos são graduados em área diversa. Isso pode refletir na abordagem pedagógica, impactando a construção do conhecimento de

maneira eficaz. Pois, muitas vezes, a falta de conexão entre os conceitos científicos e a realidade cotidiana dos alunos contribui para a percepção de que a ciência é algo distante de suas vidas, resultando em desinteresse.

Essas dificuldades têm impactos diretos na eficácia do ensino de ciências. O desinteresse dos alunos, a falta de compreensão profunda dos conceitos e a falta de conexão com a aplicação prática dos conhecimentos são desdobramentos desses desafios. No entanto, é imperativo buscar soluções que promovam uma abordagem mais inclusiva e eficaz.

A diversificação de recursos didáticos, como o uso de tecnologias educacionais, vídeos, simulações e experimentos práticos, representações e modelos didáticos pode tornar os conceitos mais acessíveis e interessantes para os alunos. Além disso, práticas pedagógicas que promovam a interdisciplinaridade e a contextualização dos conteúdos podem aumentar o engajamento. A formação continuada dos professores, incentivando a busca por atualizações e metodologias inovadoras, é fundamental. A promoção de ambientes de aprendizagem mais interativos e participativos, onde os estudantes possam explorar e questionar, também é crucial.

A diversidade de recursos didáticos e práticas pedagógicas é a chave para superar os desafios no ensino de ciências no ensino fundamental. Ao criar ambientes de aprendizado mais dinâmicos e contextualizados, podemos estimular a curiosidade, o entendimento profundo e o apreço pela ciência já no ensino fundamental, preparando os alunos para um futuro.

3.4.1 Modelos Didáticos no Ensino de Ciências

No sentido epistemológico um modelo didático é qualquer estrutura, seja concreta ou abstrata, que visa de alguma forma representar de forma aproximada aspectos de uma determinada realidade, fato ou fenômeno. O modelo adquiriu então essa função de representação da realidade e independente da sua estrutura ser concreta ou abstrata, tangível ou intangível, visualizável ou inteligível, icônica ou simbólica, o que realmente o define a qualidade do modelo depende da estrutura teórica a ele associado (BUNGE, 1974).

No ensino de ciências, os modelos aparecem como idealizações simplificadas da realidade, sempre envoltos em teorias e não devem ser confundidos com a realidade em si, pois apenas alguns de seus aspectos são por ele representados. São representações tridimensionais ou com alto-relevo, que podem ser coloridas, normalmente feitas a partir de materiais já conhecidos pelos alunos, utilizadas com o objetivo de facilitar a aprendizagem ao ilustrar conteúdos escritos e/ou falados e figuras planas. Além disso, a possibilidade de

manusear os modelos didáticos e a observação pormenorizada dos detalhes facilita a compreensão do conteúdo (ORLANDO et al., 2009).

Segundo o educador em ciências, o francês Jean-Louis Martinand, a modelização é uma importante atividade no ensino de ciências. Pois atua na passagem do concreto ao abstrato, do abstrato ao concreto, do teórico ao experimental, num processo de vai e vêm entre observações e teorias que se encontra o modelo como fonte mediadora de representação do conhecimento. Trata-se de uma atividade inovadora e criativa em que o educador se coloca a construir e adaptar os seus modelos a fim de representar a realidade observada ou imaginada, o que ele denomina “referente empírico”, isto é, objetos e fenômenos ou as ações realizadas sobre estes. O importante não é o modelo em si, mas a atividade de construção e de concepção do modelo, isto é, como os alunos entendem essas representações (MARTINAND, 1996).

Nesta perspectiva, os modelos didáticos têm o papel de estabelecer ligação entre formulações teóricas e a realidade. Modelos didáticos são representações práticas de fenômenos teóricos ou estruturas confeccionadas a partir de um material concreto (MATOS et al., 2009). Portanto, a utilização dos modelos didáticos é um método muito instigante, pois o aluno passa a ter algo concreto para observar, tocar, avaliar e comparar, algo que não é possível apenas com ilustrações nos livros. Neste contexto, os modelos didáticos podem contribuir nesta mudança de conceito, por serem produzidos a partir de uma imagem conhecida no repertório do aluno (SILVA, 2013).

Dentre as características dos modelos didáticos, vale destacar que os mesmos podem ser representações já existentes em algumas escolas, como esqueletos humanos, bonecos humanos ou parte deles, globos terrestres como mapas diversos, representações de células ampliadas, dentre outros. Bem como podem ser produzidos pelos professores com materiais alternativos e de baixo custo ou pelos alunos, individual ou em grupo, dentro ou fora da sala de aula, conforme o objetivo da aula.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 Apresentação do Produto Educacional

O produto educacional apresenta uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica geométrica no ensino fundamental a partir dos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos. Essa sequência abordará conceitos de óptica, anatomia do olho humano, doenças da visão, correção de defeitos visuais e, quando apropriado, destaca aspectos relacionados à química no funcionamento ocular. Essa sequência didática proporciona uma abordagem interdisciplinar que combina conceitos de física, anatomia, biologia e química, permitindo aos alunos compreenderem a complexidade dos defeitos da visão e como eles podem ser corrigidos, enquanto estudam a óptica geométrica. Além disso, o uso de modelos didáticos ajuda a tornar os conceitos ópticos mais tangíveis e compreensíveis. Essa sequência didática é proposta para ser desenvolvida em seis aulas.

Nesta perspectiva, propõe-se um produto educacional que aborda a óptica geométrica a partir dos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos a fim, não só de enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, mas também contribuir para a formação de alunos mais críticos, criativos e preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Este trabalho é relevante, diante dos desafios educacionais atuais, por conectar a teoria científica a fenômenos cotidianos e concretos, facilitando a compreensão dos alunos. Além disso, a utilização de defeitos da visão como ponto de partida para o ensino de óptica geométrica permite integrar diferentes áreas do conhecimento, como a biologia (estudo do olho humano e seus defeitos), a física (conceitos de óptica), a química (na manutenção do olho e processamento da imagem) e ciências correlatas como biofísica, bioquímica e neuroanatomia, promovendo uma perspectiva mais abrangente e contextualizada do tema.

O uso de modelos didáticos, diante da falta de laboratórios, permite que os alunos investiguem e experimentem os conceitos de óptica geométrica de forma prática e visualmente atrativa. Isso estimula a curiosidade, a observação e a experimentação, aspectos fundamentais para a construção do conhecimento. Além disso, a abordagem interdisciplinar e o uso de modelos didáticos podem facilitar a compreensão de alunos com diferentes estilos de aprendizagem, incluindo aqueles com dificuldades específicas, proporcionando oportunidades de aprendizado mais acessíveis e inclusivas.

O produto educacional foi desenvolvido para ser aplicado parcial ou totalmente, contemplando as aulas que o professor considerar pertinentes em função do contexto

educacional e do planejamento do ensino de óptica geométrica na disciplina de física ou ciências.

4.2 Desenvolvimento do Produto Educacional

Neste subtópico será descrito como o professor deve desenvolver a sequência didática proposta no produto educacional. Cabe destacar que o professor é incentivado a buscar fontes adicionais de pesquisas, tais como livros didáticos, artigos científicos e sites educacionais especializados.

A **primeira aula** foi planejada a fim de apresentar a anatomia do olho por meio de modelos didáticos, destacando a sua relação com a formação de imagens para desenvolver o entendimento da óptica geométrica envolvida no sistema visual humano. Nesta aula serão estudados a anatomia do olho humano a fim de explorar os principais componentes do olho e entender seu papel na captação de luz.

Para o bom desenvolvimento desta aula é preciso que o professor conheça as estruturas intrínsecas do olho humano e produza um modelo didático similar ao do **Apêndice A** deste Produto Educacional (caso a escola não tenha modelo anatômico), bem como se aproprie das informações adicionais contidas nele e no **Apêndice B**. Segue o plano de aula da aula 1: Anatomia do olho e função de seus componentes, com as orientações relacionadas à problematização, justificativa, objetivos da aula, recursos necessários, metodologia e questões avaliativas.

AULA 1: ANATOMIA DO OLHO E FUNÇÃO DE SEUS COMPONENTES
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problematização: Como a luz entra no olho e como o cérebro interpreta as imagens?
Justificativa: É fundamental que os alunos conheçam a anatomia do olho e seu funcionamento, para obter uma base sólida e um contexto valioso para o estudo da óptica. Isso não apenas torna o aprendizado mais envolvente e relevante, mas também capacita os alunos a compreender e apreciar os fenômenos ópticos em um nível mais profundo. Este plano de aula proporcionará aos alunos uma compreensão fundamental da anatomia do olho humano e como cada componente desempenha um papel importante na captação de luz, contribuindo para a visão.
Objetivos: Apresentar aos alunos a anatomia do olho humano por meio de modelos didáticos. Explorar os principais componentes do olho e entender seu papel na captação de luz.
Recursos Necessários: Modelos didáticos do olho humano – pode ser uma representação tridimensional ou ilustrações.
Sugestão: Produzir um modelo didático similar ao do Apêndice A deste Produto

Educacional (caso a escola não tenha modelo anatômico) Quadro branco Pincel ou marcadores coloridos
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula introduzindo o tópico da anatomia do olho e seu papel na visão. Destacar a importância de compreender a estrutura do olho para apreciar como a visão funciona. 2. Apresentação dos Modelos Didáticos (15 minutos): Apresentar os modelos didáticos do olho humano. Se disponíveis, usar modelos tridimensionais para uma demonstração mais eficaz (<i>apêndice 1</i>). Explicar que esses modelos representam a estrutura interna do olho. Realizar uma observação guiada dos modelos, destacando as principais partes, como a córnea, íris, pupila, cristalino, retina, disco óptico, coróide e esclera. Encorajar os alunos a fazer perguntas sobre as partes que estão vendo. 3. Explicação dos Principais Componentes (20 minutos): No quadro branco, explicar as funções dos principais componentes do olho, conforme identificados nos modelos. Destacar as funções específicas, como a córnea que ajuda a direcionar a luz para o interior do olho, a íris que controla a quantidade de luz que entra, o cristalino que foca a luz na retina, a retina onde a luz é convertida em sinais elétricos, o disco óptico por onde os sinais saem para o cérebro, a coróide que fornece suprimento de sangue e a esclera, que protege o olho. Usar cores diferentes para destacar cada parte e suas respectivas funções. 4. Discussão e Perguntas (5 minutos): Abrir um espaço para perguntas dos alunos. Encorajar os mesmos a esclarecer dúvidas ou a pedir mais informações sobre qualquer parte da anatomia do olho. Incentivar a participação dos alunos, perguntando-lhes se já ouviram falar de alguma condição ocular relacionada a essas estruturas. 5. Encerramento (5 minutos): Recapitular os principais pontos da aula, reforçando a importância de compreender a estrutura do olho para a compreensão da visão. Incentivar os alunos a continuarem explorando o tema da visão e da anatomia ocular em casa ou na biblioteca, se estiverem interessados. 6. Atividade avaliativa (5 minutos): No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados. Questões avaliativas: Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula. 1. Explique como a estrutura anatômica do olho humano contribui para a formação de imagens. Cite pelo menos três componentes do olho e descreva seu papel na óptica geométrica. 2. Após a aula, reflita sobre o modelo didático que foi utilizado para apresentar a anatomia do olho. Quais foram os pontos fortes e as limitações desse modelo em ajudar você a entender a relação entre a anatomia ocular e a formação de imagens? 3. Durante a aula, nas interações com os demais alunos, quais conceitos sobre a óptica geométrica foram discutidos e como a interação entre os colegas ajudou a aprofundar sua compreensão? Dê exemplos de como a interação entre sala de aula facilitou a construção do conhecimento sobre a anatomia do olho e sua função na visão.

A **segunda aula** foi planejada para identificar problemas de visão mais comuns e entender como eles afetam a visão humana, para reconhecer a importância do cuidado com a saúde ocular. Nesta aula serão estudados os defeitos da visão relacionados à formação da imagem, tais como miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo.

O professor é incentivado a conhecer os principais defeitos da visão que afetam a formação da imagem, suas causas e efeitos e o fenômeno físico relacionado a cada um. No desenvolvimento desta aula é preciso que o professor utilize o modelo didático similar ao do **Apêndice A** deste Produto Educacional (caso a escola não tenha modelo anatômico), produzido para a aula anterior e as informações adicionais contidas nele, bem como utilize (com apoio de um projetor de multimídia) os diagramas e vídeos curtos do **Anexo I** deste Produto Educacional (ou similar, se preferir). A aula 2: Compreendendo os defeitos da visão, traz, no plano de aula a seguir, as orientações relacionadas à problematização, justificativa, objetivos da aula, recursos necessários, metodologia utilizada e questões avaliativas.

AULA 2: COMPREENDENDO AOS DEFEITOS DA VISÃO
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problematização: Como a visão desempenha um papel crucial em nossa vida cotidiana e quais são os principais defeitos que podem afetar nossa saúde ocular? Vocês conhecem alguém com algum problema de visão? (<i>pergunte aos alunos</i>)
Justificativa: A visão é um dos sentidos mais importantes, e sua importância na vida cotidiana é inquestionável. Compreender os defeitos de visão e a necessidade de cuidar da saúde ocular é fundamental para a qualidade de vida. Este plano de aula proporciona uma introdução à importância da visão e aos defeitos de visão comuns, incentivando os alunos a refletirem sobre a importância de cuidar de sua saúde ocular.
Objetivos: Compreender a importância da visão no cotidiano e no contexto da saúde. Identificar exemplos de defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo. Realizar uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular.
Recursos Necessários: Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Projeto de Multimídia Ilustrações ou diagramas que representem os defeitos de visão. Sugestão: Utilizar as ilustrações e os vídeos do Anexo I. Modelos didáticos do olho humano. Sugestão: Utilizar modelo didático similar ao do Apêndice A deste Produto Educacional (caso a escola não tenha modelo anatômico) utilizado na aula anterior. Projetor (opcional). Exemplos de óculos ou lentes de contato (opcional).
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância da visão na vida cotidiana e em atividades como leitura, trabalho, lazer e esportes. Apresentar a problemática e explicar que a aula abordará a importância da visão e os

defeitos oculares.

2. Importância da Visão (10 minutos):

Realizar uma discussão em sala de aula sobre a importância da visão no dia a dia, pedindo aos alunos que compartilhem suas perspectivas sobre como a visão afeta suas atividades.

Destacar a importância da visão na aprendizagem, comunicação e segurança.

3. Defeitos de Visão (15 minutos):

Introduzir os exemplos de defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo.

Usar ilustrações ou diagramas para explicar visualmente o que ocorre nos olhos de pessoas com esses defeitos de visão.

Discutir os sintomas associados a cada defeito.

4. Reflexão e Discussão (5 minutos):

Iniciar uma discussão em sala de aula sobre como esses defeitos de visão podem afetar a vida das pessoas e suas atividades diárias.

Perguntar aos alunos se conhecem alguém com defeitos de visão e como isso afeta a pessoa.

5. Cuidando da Saúde Ocular (5 minutos):

Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular, enfatizando a necessidade de consultas oftalmológicas regulares e práticas para manter uma boa saúde ocular.

6. Encerramento (5 minutos):

Recapitular os principais pontos da aula e enfatizar a importância da saúde ocular.

Deixar os alunos com uma mensagem de conscientização sobre a visão e a necessidade de cuidar de seus olhos.

7. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

4. Como os modelos didáticos ajudaram você a entender como funcionam os diferentes problemas de visão (como miopia e hipermetropia) e como eles afetam a visão humana?

5. Com esta aula, você conseguiu identificar algum problema de visão que você ou alguém que você conheça possa ter? Como isso mudou sua percepção sobre a importância de cuidar da saúde ocular?

6. Quais aspectos da aula, como o uso dos modelos e as discussões em grupo, foram mais úteis para você entender a importância de prevenir e cuidar da saúde dos olhos?

A **terceira aula** foi planejada para que os alunos viessem a compreender as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos e a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica.

Após ter conhecido as principais estruturas anatômicas do olho humano e os defeitos da visão mais comuns, que são chamados de defeitos de refração ou ametropias. Nesta aula são apresentadas as seguintes propriedades ou fenômenos ópticos: propagação retilínea da luz, reflexão e refração. O professor pode se apropriar dos conceitos de óptica

geométrica contidos no Apêndice E, bem como, e projetar suas respectivas ilustrações (Figura 3 à Figura 6).

Após ter apresentado e concluído, junto aos alunos, que o principal fenômeno óptico da visão é a refração, o professor deve discutir como a refração ocorre nos olhos saudáveis e como ela difere quando há defeitos de visão. Adicionalmente, o professor pode reutilizar os diagramas e vídeos curtos do **Anexo I** deste Produto Educacional (ou similar, se preferir). O professor deve realizar uma discussão a fim de fortalecer o reconhecimento desses fenômenos ópticos em outras situações do dia a dia, tais como a refração perceptível quando se coloca uma colher no copo de vidro com água, a reflexão em superfícies lisas e espelhadas, bem como a propagação retilínea da luz (espelhos), dentre outros. O **Apêndice C** traz exemplos de refração e reflexão em materiais do dia a dia, estes materiais devem ser providenciados total ou parcialmente e levados para esta aula.

AULA 3: DEFEITOS DA VISÃO E FENÔMENOS ÓPTICOS
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problemática: Quais as propriedades básicas da luz relacionadas à visão? Quais são os fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos saudáveis e como eles diferem daqueles que ocorrem quando há defeitos de visão? Como esses fenômenos afetam a visão?
Justificativa: Compreender os fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos é fundamental para a compreensão de como a visão funciona, tanto em olhos saudáveis quanto naqueles com defeitos de visão. Isso contribui para uma maior conscientização sobre a saúde ocular e a necessidade de correção de defeitos visuais. Este plano de aula fornece aos alunos uma compreensão dos fenômenos ópticos que ocorrem nos olhos saudáveis e em caso de defeitos de visão, promovendo a conscientização sobre a saúde ocular e a importância da correção de defeitos visuais.
Objetivos: Compreender os fenômenos ópticos que ocorrem em olhos saudáveis. Identificar os principais defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo. Compreender como esses defeitos de visão afetam os fenômenos ópticos e a formação de imagens. Refletir sobre a importância da correção de defeitos visuais na saúde ocular e qualidade de vida.
Recursos Necessários: Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Ilustrações, diagramas ou simulação computacional que representem os fenômenos ópticos e defeitos de visão Sugestão: O professor pode se apropriar dos conceitos de óptica geométrica contidos nos Apêndice E, bem como, projetar suas respectivas ilustrações, da Figura 3 à Figura 6) Ilustrações ou diagramas que representem os defeitos de visão. Sugestão: Utilizar as ilustrações e os vídeos do Anexo I. Projetor (opcional).
Metodologia:

1. Introdução (5 minutos):

Iniciar a aula destacando a importância de entender os fenômenos ópticos nos olhos e sua relação com a visão.

Apresentar a problemática da aula, explicando que abordará tanto os fenômenos em olhos saudáveis quanto aqueles com defeitos de visão.

2. Fenômenos Ópticos em Olhos Saudáveis (15 minutos):

Explorar os fenômenos ópticos que ocorrem em olhos saudáveis, como a refração da luz, a formação de imagens na retina e a adaptação da visão em diferentes condições de luminosidade.

Usar ilustrações ou diagramas para auxiliar na explicação dos conceitos.

3. Defeitos de Visão (10 minutos):

Introduzir os principais defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo, e explicar como cada um afeta os fenômenos ópticos nos olhos.

Destacar como esses defeitos afetam a formação de imagens na retina.

4. Exemplos e Discussão (10 minutos):

Realizar uma discussão a fim de fortalecer o reconhecimento desses fenômenos ópticos em outras situações do dia a dia, tais como a refração perceptível quando se coloca uma colher no copo de vidro com água, a reflexão em superfícies lisas e espelhadas, bem como a propagação retilínea da luz (espelhos).

5. Reflexão e Encerramento (5 minutos):

Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância de cuidar da saúde ocular e corrigir defeitos de visão.

Reforçar os objetivos da aula e sua relevância na compreensão dos fenômenos ópticos nos olhos.

6. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

7. Os modelos didáticos e ilustrações adicionais utilizados na aula ajudaram você a entender como a luz se comporta ao passar pelos diferentes componentes do olho e como isso resulta na formação de imagens? Se sim, descreva a função de um componente do olho na formação da imagem.

8. Você conseguiu relacionar a anatomia do olho com os conceitos de óptica geométrica, como reflexão e refração da luz? Qual sua principal dificuldade e como você a superou?

9. De que forma as discussões com os colegas e o uso de modelos e ilustrações adicionais ajudaram você a perceber a importância da anatomia da visão para o estudo de óptica?

Como na aula anterior, na **quarta aula** visa compreender as propriedades da luz e sua relação com a formação da imagem pelos olhos, destacando a importância da anatomia da visão no ensino de óptica geométrica. No entanto, nesta aula serão descritos os processos de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão. E conforme o desenvolvimento da aula serão discutidos os aspectos bioquímicos da formação da imagem na retina.

A formação da imagem na visão normal (emétrope) e na visão com defeitos (ametropias), pode ser demonstrada de diferentes maneiras. O produto educacional propõe a construção de um modelo didático no **Apêndice D - Modelo fisiológico do olho humano**, o qual representa em 2D o funcionamento do olho humano, considerando que nesta etapa o aluno conhece as estruturas do olho humano e suas funções. Com este modelo didático é possível demonstrar a formação da imagem tanto na visão emétrope como na visão com ametropia (basta utilizar as lentes adequadas).

Considerando que, quando a luz atinge a retina, ela produz reações químicas tanto nos cones como nos bastonetes e que os níveis dessas reações são dependentes da intensidade da luz que atinge as células, uma discussão relacionada a bioquímica da visão é cabível nesta aula. Conforme o andamento da aula, o professor pode introduzir os aspectos químicos do funcionamento do olho, como a ação de neurotransmissores nas sinapses neurais da retina e discutir as reações químicas envolvidas na transdução de luz em sinais elétricos na retina e/ou relacionar a ação química com a transmissão de sinais visuais ao cérebro.

AULA 4: DEFEITOS DA VISÃO, FORMAÇÃO DA IMAGEM E ASPECTOS QUÍMICOS
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problemática: Como ocorre o processo de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo? Quais são os aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho e em defeitos de visão?
Justificativa: Compreender os processos de (não) formação de imagem em defeitos de visão e os aspectos químicos relacionados ao funcionamento do olho é fundamental para um conhecimento mais profundo da visão e para a conscientização sobre a importância da saúde ocular. Este plano de aula oferece uma exploração aprofundada dos processos de (não) formação de imagem em defeitos de visão e dos aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho, promovendo a conscientização sobre a saúde ocular e a compreensão da visão de forma mais abrangente.
Objetivos: Descrever o processo de (não) formação de imagem em diferentes defeitos de visão. Discutir os aspectos químicos envolvidos no funcionamento do olho, como neurotransmissores e reações químicas. Promover a conscientização sobre a importância de cuidar da saúde ocular.
Recursos Necessários: Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Ilustrações, diagramas ou simulações computacionais que representem os processos ópticos nos defeitos de visão. Sugestão: Construir o modelo fisiológico do olho humano, Apêndice D, o qual representa em 2D o funcionamento do olho humano.
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância da visão e sua complexidade. Apresentar a problemática da aula, explicando que serão explorados os processos de (não)

formação de imagem em defeitos de visão e aspectos químicos relacionados.

2. Processos de (não) Formação de Imagem (15 minutos):

Descrever o processo de formação de imagem em um olho saudável e como a córnea, o cristalino e a retina contribuem para esse processo.

Em seguida, explicar como os defeitos de visão, como miopia, hipermetropia e astigmatismo, afetam a formação de imagem.

Usar ilustrações ou diagramas para auxiliar na compreensão.

3. Aspectos Químicos no Funcionamento do Olho (15 minutos):

Introduzir os aspectos químicos do funcionamento do olho, como a ação de neurotransmissores, como a serotonina e a dopamina, nas sinapses neurais da retina.

Discutir as reações químicas envolvidas na transdução de luz em sinais elétricos na retina.

Relacionar a ação química com a transmissão de sinais visuais ao cérebro.

4. Discussão e Reflexão (5 minutos):

Iniciar uma discussão em sala de aula sobre como o conhecimento dos processos de (não) formação de imagem e dos aspectos químicos pode contribuir para uma maior conscientização sobre a saúde ocular.

Refletir sobre a importância de cuidar da visão e realizar exames oftalmológicos regulares.

5. Encerramento (5 minutos):

Recapitular os principais pontos da aula.

Reforçar os objetivos da aula e a importância de entender os processos ópticos e químicos relacionados à visão.

6. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

10. Os modelos didáticos e ilustrações adicionais utilizados na aula ajudaram você a entender como os defeitos de visão afetam a formação (ou não formação) de imagens nítidas no olho humano? Justifique sua resposta.

11. Você conseguiu relacionar o que aprendeu sobre os defeitos de visão com situações da sua própria vida ou de pessoas que você conhece? Como isso mudou sua percepção sobre a importância de corrigir esses problemas?

12. De que forma a aula e as discussões em grupo ajudaram você a compreender por que as lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) conseguem corrigir os defeitos de visão e restaurar a formação correta da imagem?

A **quinta aula** foi organizada para demonstrar os fenômenos ópticos presentes nas doenças da visão mais comuns (miopia, hipermetropia e astigmatismo), bem como nas correções destes defeitos.

Nesta aula, utilizando o modelo didático proposto ou similar, o professor deve demonstrar os defeitos da visão e como eles são corrigidos. O professor deve se apropriar das características das lentes no item 2.6 que trata da óptica geométrica na correção dos defeitos da visão. Utilizar o modelo fisiológico do olho humano, **Apêndice D** – modelo fisiológico do olho humano, construído para a aula anterior e com o auxílio de lentes convergentes e

divergentes demonstrar como são corrigidos cada um dos quatro defeitos da visão, discutidos neste trabalho. E discutir a aplicação desses fenômenos nas lentes corretivas de defeitos da visão.

Conforme disponibilidade para o desenvolvimento dessa sequência didática o professor pode finalizar nesta aula. Opcionalmente, o professor poderá realizar mais uma aula, a fim de sintetizar o conteúdo estudado, demonstrar os fenômenos físicos discutidos com modelos didáticos utilizados e discutir os resultados alcançados.

AULA 5: CORREÇÃO DE DEFEITOS VISUAIS E A REFRAÇÃO DA LUZ
Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)
Problemática: Como as lentes corrigem defeitos de visão, e o que é a refração da luz? Como as lentes modificam a trajetória da luz para melhorar a visão?
Justificativa: É essencial para os alunos compreenderem como as lentes corretivas funcionam e como a refração da luz desempenha um papel crucial nesse processo. Isso contribui para a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais. Este plano de aula oferece uma compreensão dos princípios das lentes corretivas e da refração da luz, promovendo a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais e a ciência por trás desse processo.
Objetivos: Explicar como as lentes corretivas funcionam na correção de defeitos de visão. Demonstrar o uso de lentes corretivas e como elas afetam a visão. Compreender o fenômeno da refração da luz. Promover a conscientização sobre a importância da correção de defeitos visuais para a qualidade de vida.
Recursos Necessários: Óculos ou lentes de contato de demonstração. Quadro branco. Pincel ou marcadores coloridos. Fonte de luz (lanterna ou projetor). Modelos didáticos, ilustrações, diagramas que representem a refração da luz Sugestão: Utilizar o modelo fisiológico do olho humano, Apêndice D, construído para a aula anterior
Metodologia: 1. Introdução (5 minutos): Iniciar a aula destacando a importância da visão e a existência de defeitos visuais, como miopia e hipermetropia. Apresentar a problemática da aula e explicar que serão abordados os princípios da correção de defeitos visuais e o fenômeno da refração. 2. Funcionamento das Lentes Corretivas (15 minutos): Explicar como as lentes corretivas funcionam, destacando a refração da luz. Descrever como as lentes alteram a trajetória da luz para focar a imagem na retina. Usar ilustrações ou diagramas para auxiliar na explicação e demonstrar os princípios da refração. 3. Demonstração das Lentes Corretivas (15 minutos): Realizar uma demonstração prática com óculos ou lentes de contato de demonstração. Mostrar como as lentes corretivas são usadas para melhorar a visão e explicar como isso ocorre devido à refração da luz.

Incentivar os alunos a fazerem perguntas e a participarem da demonstração.

4. Fenômeno da Refração (5 minutos):

Explicar o fenômeno da refração de forma mais ampla, mostrando como a luz se dobra ao passar de um meio para outro (por exemplo, do ar para o vidro da lente).

Discutir situações em que a refração da luz é observada no cotidiano.

5. Reflexão e Encerramento (5 minutos):

Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância de compreender como as lentes corretivas funcionam e como a refração da luz desempenha um papel crucial na visão.

Reforçar a importância de cuidar da saúde ocular e corrigir defeitos visuais.

6. Atividade avaliativa (5 minutos):

No final de cada aula os alunos responderão 3 questões avaliativas, a fim de demonstrar o aprendizado sobre o conteúdo estudado, avaliar os modelos didáticos e demais materiais utilizados na aula e refletir sobre a influência da interação aluno-aluno e aluno-professor no aprendizado dos conteúdos estudados.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula.

13. Como os modelos didáticos utilizados na aula ajudaram você a visualizar e entender como a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo afetam o caminho da luz nos olhos e a formação de imagens?

14. Você conseguiu entender como as lentes corretivas (óculos ou lentes de contato) conseguem ajustar o caminho da luz nos olhos para corrigir os problemas de visão? Qual parte do processo foi mais clara para você?

15. Como a troca de ideias com seus colegas e o uso dos modelos didáticos contribuíram para você perceber a importância do conhecimento sobre os fenômenos ópticos envolvidos nas doenças da visão e suas correções?

Por fim, a **sexta aula** visa explorar os fenômenos ópticos refração e reflexão e suas aplicações a fim de facilitar a aprendizagem e estimular a participação dos estudantes. Nesta aula o professor deve sintetizar os conteúdos estudados, demonstrar os fenômenos físicos discutidos com modelos didáticos utilizados e discutir os resultados alcançados com a aplicação desta sequência didática.

Utilizar a sequência de aulas realizadas e fazer uma síntese dos conteúdos estudados desde a anatomia da visão até a correção dos defeitos da visão. Sempre reforçando a importância da experimentação demonstrativa (como utilizada nesta sequência didática) ou manipulativa e da visualização dos fenômenos físicos estudados. O professor deve avaliar a importância dos modelos didáticos utilizados na compreensão de fenômenos ópticos e incentivar os alunos a experimentar e visualizar esses conceitos, contribuindo para o processo de mediação da aprendizagem.

AULA 6: MODELOS DIDÁTICOS E FENÔMENOS ÓPTICOS

Duração: 1 aula (aproximadamente 50 minutos)

Problematização: Como os modelos didáticos representam e auxiliam na compreensão de fenômenos ópticos, como refração e reflexão? Qual é a importância dos modelos didáticos na aprendizagem?

Justificativa: A compreensão dos fenômenos ópticos é essencial, e os modelos didáticos desempenham um papel fundamental ao simplificar conceitos complexos. Compreender a importância dos modelos didáticos na aprendizagem é crucial para o desenvolvimento do pensamento científico. Este plano de aula destaca a importância dos modelos didáticos na compreensão de fenômenos ópticos e incentiva os alunos a experimentar e visualizar esses conceitos, contribuindo para uma aprendizagem mais sólida e eficaz..

Objetivos:

Apresentar modelos didáticos que representam fenômenos ópticos gerais, como refração e reflexão.

Discutir se os modelos didáticos facilitam a compreensão de conceitos científicos.

Reforçar a importância da experimentação e da visualização na aprendizagem.

Recursos Necessários:

Modelos didáticos que representam refração e reflexão.

Quadro branco.

Pincel ou marcadores coloridos.

Modelos didáticos, ilustrações ou diagramas que representem os fenômenos ópticos.

Exemplos de materiais que refratam ou que refletem a luz (copos d'água, espelhos, prismas, etc.).

Metodologia:

1. Introdução (5 minutos):

Iniciar a aula destacando a importância de compreender fenômenos ópticos, como refração e reflexão, e como eles estão presentes em nossa vida cotidiana.

Apresentar a problemática da aula e a relevância de modelos didáticos na exploração desses conceitos.

2. Apresentação dos Modelos Didáticos (15 minutos):

Apresentar os modelos didáticos que representam a refração e a reflexão. Explicar como esses modelos funcionam e suas semelhanças com os fenômenos reais.

Demonstrar como os modelos podem ser usados para visualizar a trajetória da luz.

3. Discussão sobre a Importância dos Modelos Didáticos (10 minutos):

Iniciar uma discussão em sala de aula a fim de identificar se os modelos didáticos facilitam a compreensão de fenômenos complexos.

Abordar como os modelos ajudam os alunos a visualizar e experimentar conceitos científicos, tornando a aprendizagem mais eficaz.

4. Experimentação e Visualização (10 minutos):

Realizar experimentações práticas usando materiais que refratam ou refletem a luz. Por exemplo, demonstrar a refração da luz em um copo d'água ou a reflexão em um espelho.

Incentivar os alunos a participarem da experimentação e observarem os fenômenos ópticos em ação.

5. Reflexão e Encerramento (10 minutos):

Encerrar a aula com uma reflexão sobre a importância dos modelos didáticos, da experimentação e da visualização na aprendizagem.

Reforçar a ideia de que a ciência se beneficia da simplificação de conceitos por meio de modelos para tornar o aprendizado mais acessível.

Questões avaliativas:

Esta aula será avaliada em termos de compreensão contextual, reflexão crítica sobre o(s) modelo(s) didático(s) utilizado(s) e interação dos alunos entre si, o professor e a aula. Serão utilizadas apenas as questões das aulas anteriores.

5 RESULTADOS ESPERADOS

A aplicação deste produto educacional composto por uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica geométrica no ensino fundamental, focado nos defeitos da visão com o auxílio de modelos didáticos, pode alcançar resultados positivos, tais como:

- **Compreensão dos conceitos basilares:** Espera-se que os alunos adquiram uma compreensão sólida dos conceitos da óptica, incluindo reflexão, refração, e espalhamento da luz, bem como sua aplicação na correção dos defeitos visuais. Eles devem ser capazes de explicar como os raios de luz se comportam ao passar pelo olho humano.
- **Compreensão dos conceitos de anatomia:** Os alunos devem ganhar conhecimento sobre a anatomia do olho humano e seu funcionamento, incluindo os principais componentes do olho e como elas desempenham um papel na formação da imagem e nos demais fenômenos ópticos.
- **Conhecimento sobre Defeitos Visuais:** A sequência didática visa capacitar os alunos a identificar e compreender os defeitos da visão mais comuns, como miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia. Eles devem ser capazes de explicar as causas e os efeitos desses defeitos. Bem como aplicar os conhecimentos físicos na busca por correção de tais defeitos.
- **Conscientização sobre Doenças Oculares:** Além dos defeitos visuais refrativos, os alunos podem aprender sobre doenças oculares, como catarata e glaucoma, e sua influência na visão. Uma compreensão mais profunda da óptica e dos defeitos da visão pode levar a uma maior conscientização sobre a importância dos cuidados com a saúde ocular, contribuindo para a prevenção de doenças e a detecção precoce de problemas visuais.
- **Compreensão da Correção Visual:** Os alunos devem entender os métodos de correção de defeitos visuais, incluindo o uso de óculos, lentes de contato e cirurgias corretivas, e como essas intervenções afetam a formação de imagens no olho.
- **Integração Interdisciplinar:** A abordagem interdisciplinar da sequência deve permitir aos alunos conectar conceitos de física, biologia, anatomia e, quando apropriado, química, para entender a complexidade dos defeitos da visão e como os diversos campos de estudo se relacionam nesse contexto.
- **Desenvolvimento de Pensamento Crítico:** Os alunos devem ser incentivados a aplicar seu conhecimento para analisar e resolver problemas relacionados à visão, bem como a tomar decisões informadas sobre cuidados com os olhos e escolhas de correção visual.

- Estimulação do Interesse Científico: A sequência deve despertar o interesse dos alunos pela ciência, especialmente nos campos da física e da biologia, fornecendo uma base sólida para futuros estudos e carreiras em ciências relacionadas.

Por fim, a aplicação dessa sequência didática interdisciplinar visa capacitar os alunos a adquirir um conhecimento abrangente sobre óptica, anatomia ocular, defeitos visuais e correção visual, promovendo uma compreensão mais profunda e holística do funcionamento do sistema visual humano e incentivando o interesse pela ciência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa abordagem interdisciplinar, que combina conceitos de física, anatomia, biologia e química, apresenta uma série de justificativas sólidas e benefícios substanciais para o processo educacional. A educação é mais eficaz quando os alunos podem relacionar conceitos abstratos a situações do mundo real. O estudo da óptica, quando vinculado à anatomia do olho humano, doenças da visão e correção de defeitos visuais, fornece um contexto tangível para a aprendizagem. Isso permite que os alunos compreendam a importância prática desses conceitos em suas vidas diárias, desenvolvendo competências cognitivas superiores, como pensamento crítico e resolução de problemas

Destaque-se que o uso de modelos didáticos, pode gerar uma significativa interação entre os alunos, expressando-se de maneira positiva por meio de sua participação e curiosidade. A utilização de modelos didáticos pode ser de extrema relevância para o engajamento dos estudantes, uma vez que essas ferramentas permitem a visualização prática e concreta dos conceitos teóricos apresentados. Pois os alunos podem perceber, ao menos de forma demonstrativa, como os princípios físicos de óptica se aplicam ao estudo da visão humana e principais doenças.

Ao abordar a óptica de maneira interdisciplinar, os alunos são incentivados a desenvolver habilidades de pensamento crítico, integrando informações de diversas áreas do conhecimento. Isso reflete a complexidade do mundo real, onde problemas raramente se limitam a uma única disciplina. Os estudantes são desafiados a refletir sobre os conteúdos estudados, promovendo o desenvolvimento de habilidades analíticas e de resolução de problemas, fundamentais para sua formação educacional e futuras carreiras.

Ao capacitar os alunos a compreender os defeitos da visão e as opções de correção, estamos contribuindo para uma sociedade mais consciente e saudável. A detecção precoce de problemas visuais é fundamental para a prevenção de doenças oculares e para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Portanto, a aplicação de uma sequência didática interdisciplinar para o ensino de óptica geométrica a partir dos defeitos da visão, não apenas promove a compreensão de conceitos complexos, mas também estimula a aplicação prática do conhecimento, o desenvolvimento de habilidades críticas e a promoção da saúde visual. É uma abordagem pedagógica que prepara os alunos para um futuro de aprendizado e tomada de decisões embasadas, tornando-se um investimento valioso no desenvolvimento educacional e pessoal.

REFERÊNCIAS

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. Editora Perspectiva, São Paulo, 1974.

COUTINHO, C.; MIRANDA, A. C. G. Formação inicial de professores de Ciências da Natureza: relatos de uma prática docente diferenciada. **Revista *Insignare Scientia*, [S. I.]**, v. 2, n. 2, p. 221-231, 2019.

DANTAS, A. P. J.; DANTAS, T. A. V.; FARIAS, M. I. R.; SILVA, R. P.; COSTA, N. P. Importância de modelos didáticos no ensino de citologia. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3., 2016, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2016.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2002. 387 p.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Saunders Elsevier, 2006.

HENEINE, Ibrahim Felipe. **Biofísica Básica**. São Paulo: Atheneu, 2006. 391 p.

MARTINAND, J. L. Introduction à la modélisation. *In*: *Séminaire de didactique des disciplines technologiques*, 1994–1995, ENS, Cachan, **Actes...** 1996.

MATOS, C. H. C. et al. Utilização de modelos didáticos no ensino de entomologia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, [S. I.]**, v. 9, n. 1, p. 19-23, 2009.

ORLANDO, T. C. et al. A Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, [S. I.]**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009.

SILVA, A. A. Concepções espontâneas de alunos do 1º ano do ensino médio sobre as três leis do movimento de Newton, através de atividades experimentais com material alternativo. 2013. Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Universidade Virtual, Universidade Federal do Ceará, Camocim, 2013.

APÊNDICE A – ESTRUTURA DO OLHO HUMANO

Figura 3 – Modelos didáticos a serem produzidos (caso a escola não tenha modelo anatômico)



1 – Córnea (não representada no modelo 1); 2 – Humor Aquoso (não representado no modelo 1 e vazio no modelo 2); 3 – Íris; 4 – Pupila; 5 – Cristalino (representado com acrílico); 6 – Músculos Ciliares; 7 – Retina (não pintada no modelo 1, para destacar os músculos ciliares); 8 – Esclera; 9 – Coróide. Obs.: O humor vítreo não está representado.

Fonte: Fotos organizadas pelo autor, 2023.

Informações adicionais ao professor (definição dos componentes do olho e suas funções)

Córnea: A córnea é a parte frontal e transparente do olho. Ela desempenha um papel fundamental na refração da luz para a superfície da retina.

Íris: A íris é a parte colorida do olho que controla a quantidade de luz que entra no olho, ajustando o tamanho da pupila.

Pupila: A pupila é a abertura no centro da íris. Ela regula a quantidade de luz que atinge a retina, expandindo-se em condições de baixa luminosidade e contraindo-se em condições de alta luminosidade.

Cristalino: O cristalino é uma lente flexível que foca a luz na retina, permitindo que o olho ajuste o foco para objetos próximos e distantes.

Retina: A retina é a camada sensível à luz na parte de trás do olho. Ela contém células fotorreceptoras, os cones e bastonetes, que convertem a luz em sinais elétricos para o cérebro.

Cones e Bastonetes: Os cones permitem a visão de cores e a detecção de detalhes, enquanto os bastonetes são sensíveis à luz fraca e são responsáveis pela visão periférica e noturna.

Mácula: A mácula é uma área na retina rica em cones e é responsável pela visão central e nítida.

Disco Óptico (Papila Óptica): O disco óptico é o local onde o nervo óptico emerge da retina e é responsável por transmitir os sinais visuais para o cérebro.

Coróide: A coróide é uma camada vascular localizada entre a retina e a esclera (a parte branca do olho). Ela fornece nutrientes à retina e regula o fluxo sanguíneo ocular.

Esclera: A esclera é a camada branca e resistente do olho que protege o interior do olho e dá forma a ele.

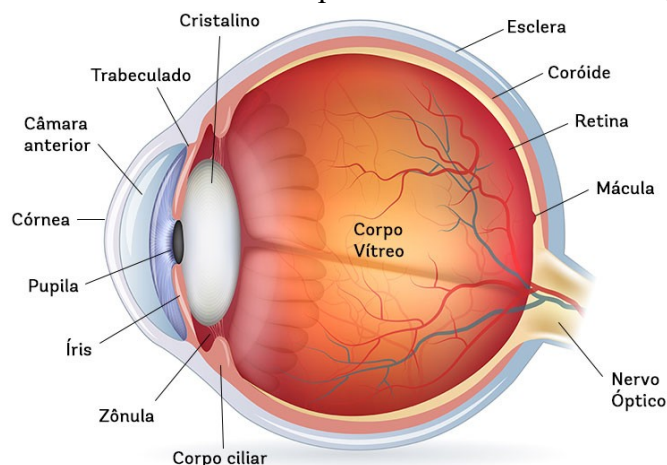
APÊNDICE B – RESUMO DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO

O funcionamento do olho humano inicia-se com a córnea, uma camada transparente na parte frontal do olho, que desempenha um papel crucial na refração da luz. A luz entra no olho através da córnea e do cristalino, uma lente flexível localizada atrás da íris. A íris, a parte colorida do olho, regula a quantidade de luz que entra, ajustando o tamanho da pupila. A luz focalizada pelo cristalino forma uma imagem invertida na retina, localizada na parte posterior do olho. A retina contém células fotorreceptoras especializadas chamadas bastonetes e cones, que convertem a luz em sinais elétricos. Os bastonetes são sensíveis à luz ambiente e são responsáveis pela visão em condições de baixa luminosidade, enquanto os cones são sensíveis às cores e trabalham melhor em condições de iluminação mais intensa.

Os sinais elétricos gerados pelos fotorreceptores são transmitidos ao longo do nervo óptico até o cérebro. Antes de atingirem o cérebro, esses sinais passam pelo ponto cego, onde o nervo óptico deixa a retina. O cérebro interpreta esses sinais como uma imagem visual tridimensional, integrando informações dos dois olhos para proporcionar uma percepção de profundidade. Além disso, a **acomodação** é um processo pelo qual o cristalino altera sua forma para focalizar objetos em diferentes distâncias. Isso é controlado pelos músculos ciliares, que ajustam a curvatura do cristalino para manter a nitidez da imagem.

Essa descrição abrange os aspectos biofísicos fundamentais do funcionamento normal do olho humano, destacando a interação complexa entre as estruturas oculares para possibilitar a visão. Vale ressaltar que este é um resumo simplificado e que o olho humano envolve uma série de processos mais detalhados e intrincados.

Figura 4 – Corte medial do olho para destacar as estruturas (plano sagital)



Fonte: imagem livre na internet, 2023.

APÊNDICE C – EXEMPLOS DE REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ

Refração da Luz

- **Copo d'Água:** Encha um copo transparente com água. Ao observar o copo de lado, perceberá que um lápis ou canudo parcialmente submerso parece estar quebrado ou deslocado. Esse fenômeno ilustra a mudança na direção da luz ao passar de um meio (ar) para outro (água), evidenciando a refração.
- **Lente de Óculos:** Utilize óculos com lentes de prescrição, especialmente aquelas que corrigem a visão. Ao olhar através das lentes, notará a alteração na trajetória da luz, demonstrando a refração induzida pelas lentes para corrigir defeitos de visão.
- **Exponha um prisma à luz solar:** O prisma dispersa a luz branca em suas cores componentes, criando um arco-íris. Este fenômeno é um exemplo de refração, onde a luz é desviada ao passar por diferentes meios no prisma.

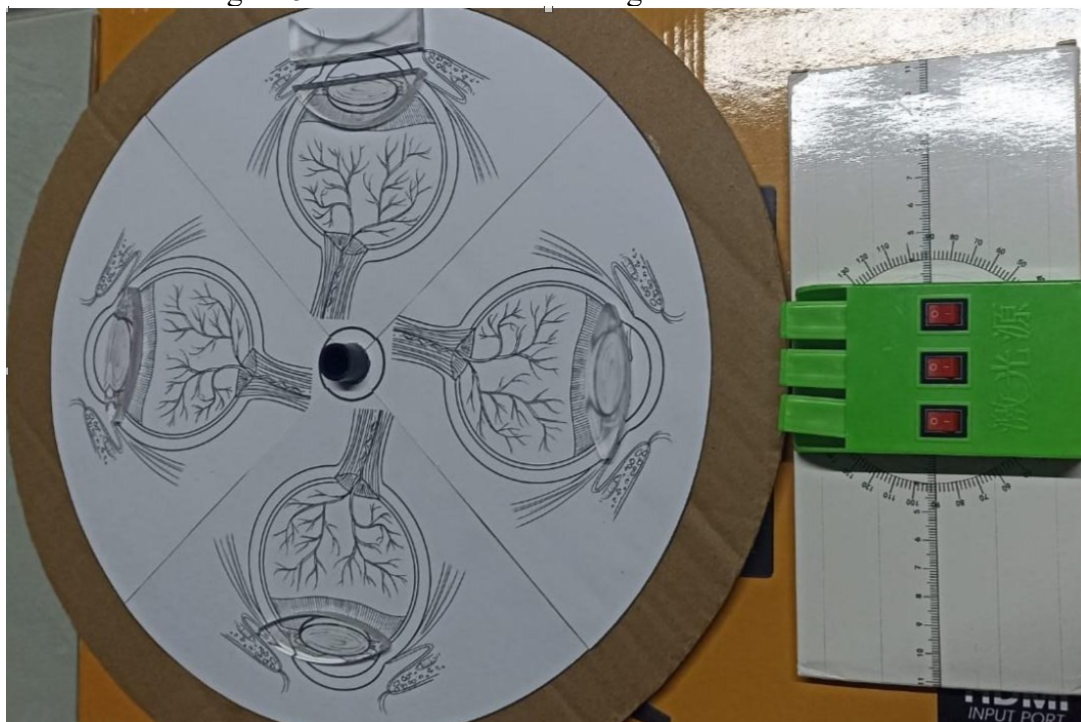
Reflexão da Luz

- **Espelho Plano:** Utilize um espelho comum, de preferência, um espelho plano. Ao posicionar um objeto em frente ao espelho, a imagem refletida será virtual e invertida. Este é um exemplo clássico de reflexão especular.
- **Superfície de Água Calma:** Escolha um dia calmo em um corpo d'água, como um lago ou piscina. Ao lançar um objeto na água, observe sua imagem refletida na superfície. A reflexão é claramente visível, indicando a interação entre a luz e a superfície da água.
- **Bola de Bilhar Refletindo uma Luz:** Coloque uma bola de bilhar perto de uma fonte de luz. A superfície brilhante da bola reflete a luz, mostrando um ponto de luz brilhante e a imagem invertida da fonte de luz. Esse exemplo representa a reflexão especular em uma superfície curva. Esses exemplos ilustram de maneira prática e tangível os princípios da refração e reflexão da luz, utilizando objetos comuns encontrados no cotidiano. Essas observações contribuem para uma compreensão mais clara dos fenômenos ópticos presentes em nossa vida diária.

APÊNDICE D – MODELO FISIOLÓGICO DO OLHO HUMANO

Considerando que nesta etapa o aluno conhece as estruturas do olho humano e suas funções, este modelo visa representar em 2D o funcionamento do olho humano. O modelo pode ser construído com uma base circular de papelão ou isopor com um laser acoplado, a qual conterà alguns desenhos do olho em corte transversal, nos quais serão fixados estruturas (vidro ou acrílico) uma representando o cristalino (podendo alternar entre cristalino fino ou espesso, normal ou anormal) e outras duas representando um cristalino de uma pessoa com miopia e outra com hipermetropia. Conforme figura abaixo.

Figura 5 - Foto do modelo fisiológico do olho humano



Fonte: http://www.cienciaprima.com.br/produtos_anatomia.html (realizado a partir da fonte)

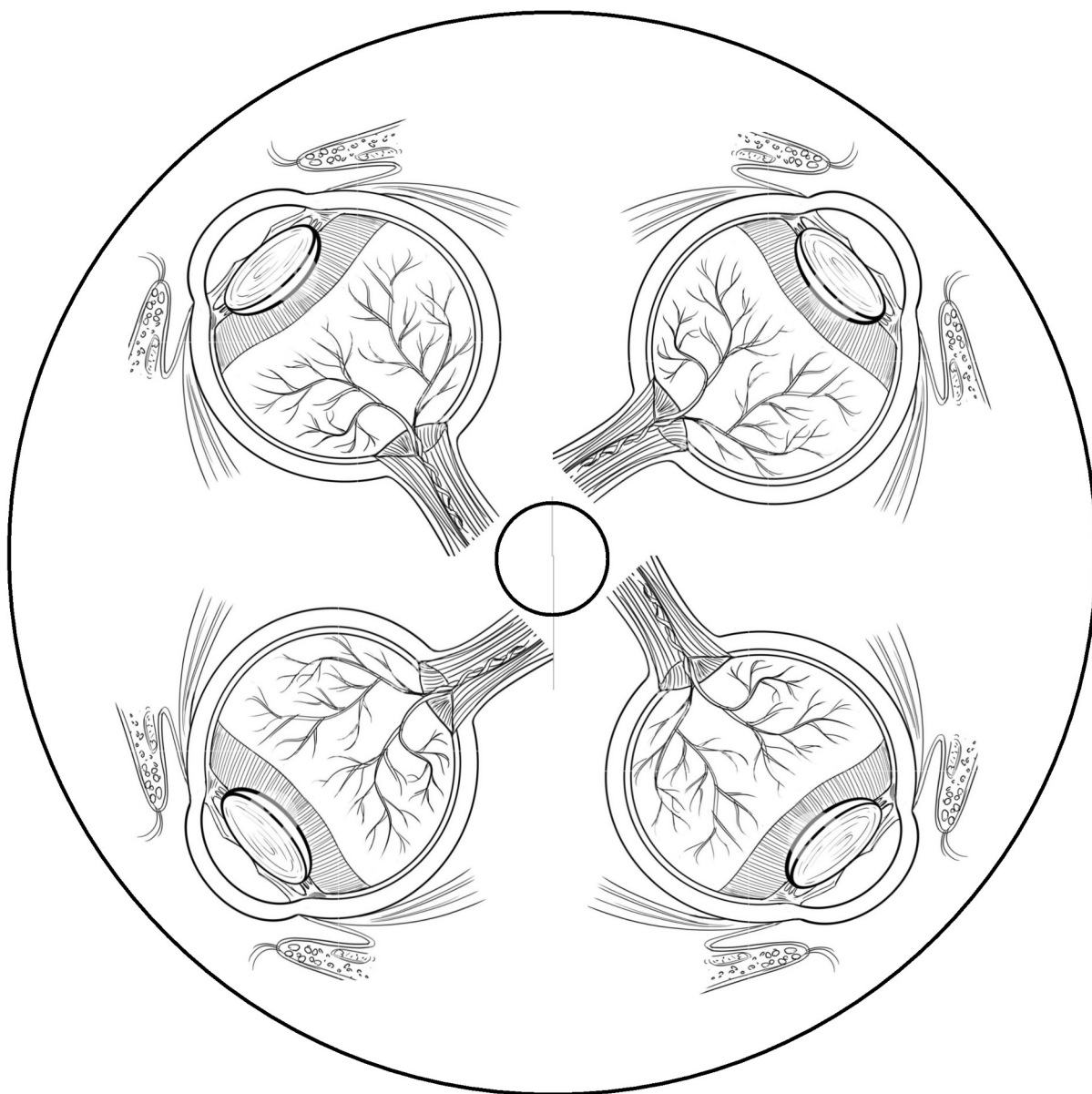
Observa-se que com este modelo além demonstrar os fenômenos ópticos presentes no olho normal também destaca as doenças da visão mais comuns como miopia, hipermetropia e astigmatismo (representado por córnea ou cristalino anormais). Adicionalmente, através deste modelo é possível discutir as correções destes defeitos por meio de lentes côncava/bicôncava ou convexa/biconvexa.

Figura 6 – Material a ser impresso para a construção do modelo fisiológico do olho humano



Fonte: Imagem livre adaptada pelo autor, 2023.

Figura 7 – Resultado da montagem



Fonte: Imagem livre adaptada pelo autor, 2025.

Observação: A figura 6 deve ser impressa em 4 vias, justapostas como na figura 7 em um disco de papelão ou isopor de 40 cm de diâmetro. Como só haverá uma fonte de luz na base, o disco deve ser girado e em cada *olho* representado nesta figura se demonstra uma situação: 1 – Olho normal com cristalino normal e imagem na retina; 2 – Olho com miopia; 3 – Olho com hipermetropia/presbiopia; e 4 – Olho com astigmatismo.

APÊNDICE E – CONCEITOS BASILARES DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

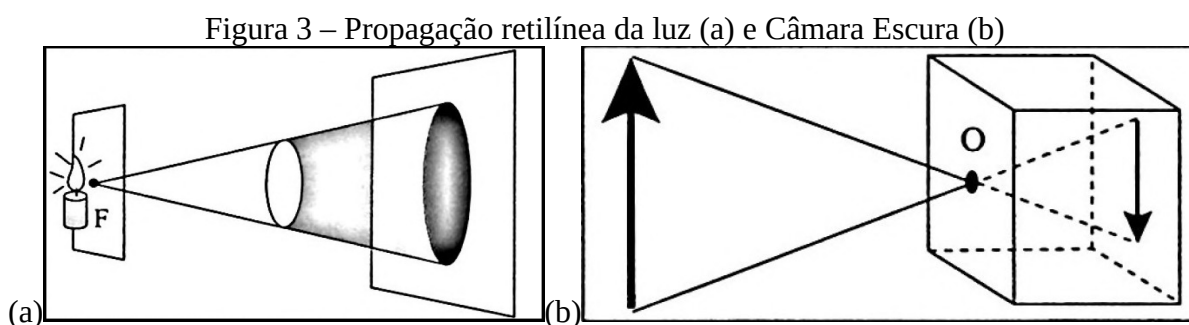
Os conceitos de óptica geométrica, especificamente Propagação Retilínea da Luz, Reflexão e Refração, a seguir, estão disponíveis nos subitens 3.4.1 a 3.4.3 da dissertação². Os mesmos foram disponibilizados neste apêndice para que o professor que for reproduzir esta sequência didática não precise recorrer à mesma.

3.4.1 Propagação Retilínea da Luz

A propagação retilínea da luz é um dos princípios fundamentais da óptica geométrica. Esse conceito estabelece que a luz se propaga em linha reta em um meio homogêneo e transparente, a menos que encontre um obstáculo ou mude de meio, como ao passar de ar para água, por exemplo.

Quando a luz se propaga em um meio homogêneo, suas ondas se espalham em todas as direções, mas, devido à sua alta frequência e curto comprimento de onda, a luz visível viaja em linha reta na maioria das situações. Esse comportamento é fundamental para entender a formação de sombras, a trajetória dos raios de luz em sistemas ópticos e muitos outros fenômenos.

A propagação retilínea da luz é um dos pilares da óptica geométrica e é essencial para compreendermos como a luz interage com os objetos e como ela forma imagens. Neste fenômeno, observa-se que, um obstáculo opaco iluminado por uma fonte F puntiforme projeta uma sombra de contornos bem nítidos, definidos pela propagação retilínea (Figura 3a). E de semelhante forma, numa câmara escura (Figura 3b), uma imagem invertida do objeto é formada (NUSSENZVEIG, 2014).



Fonte: NUSSENZVEIG, 2014.

² Devido ao fato de o Apêndice E, ser um conteúdo contido na dissertação, foi mantido aqui, os mesmos títulos dos subitens e das figuras do texto original.

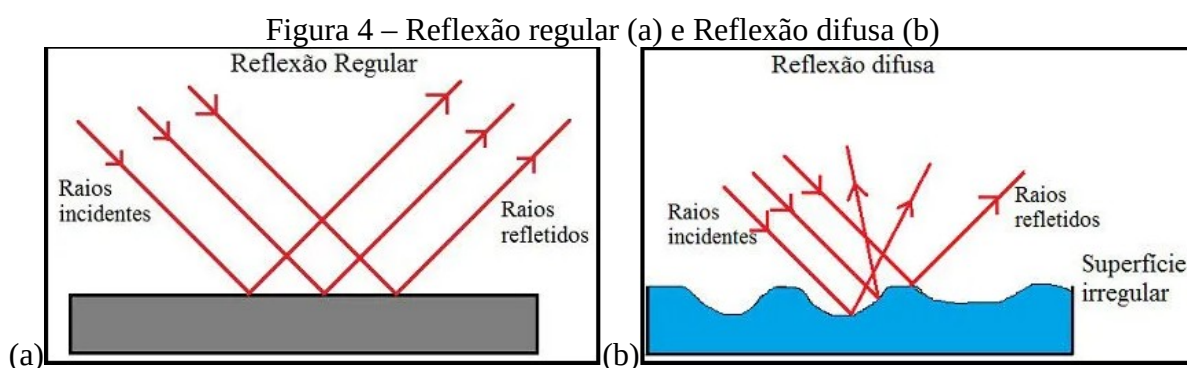
Assim como a câmara escura representa uma forma primitiva de aparelho fotográfico, a analogia com a câmara escura é frequentemente utilizada para explicar o funcionamento básico do olho humano. Semelhante a uma câmara escura, o olho humano possui uma abertura (a pupila) que controla a quantidade de luz que entra, uma lente (o cristalino) que foca a luz e uma superfície sensível à luz (a retina) onde a imagem é formada.

No entanto, é importante ressaltar que o olho humano é um órgão extremamente complexo, com muitos outros elementos e processos envolvidos, tais como acomodação do cristalino, adaptação à luminosidade, processamento neural das informações visuais e muito mais. Portanto, embora a comparação com a câmara escura seja útil para entender o princípio básico de formação de imagens no olho, o funcionamento e a fisiologia do olho humano vão muito além desse modelo simplificado.

3.4.2 Reflexão

A reflexão é um fenômeno óptico que ocorre quando a luz incide sobre uma superfície e retorna ao meio original, mantendo algumas propriedades, como intensidade luminosa, cor e polarização. Esse fenômeno pode ser classificado em duas categorias: reflexão regular (ou especular) e reflexão difusa.

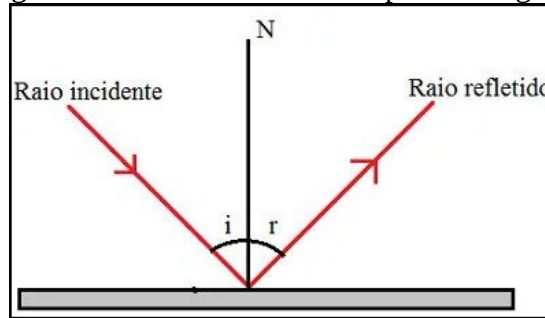
Na reflexão regular, a luz incide sobre uma superfície lisa e polida, como um espelho, e reflete de forma organizada, preservando a direção e formando imagens nítidas. Por outro lado, na reflexão difusa, a luz incide sobre uma superfície irregular, como uma parede áspera, e reflete em várias direções, resultando em uma dispersão da luz e na perda da nitidez da imagem (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).



Fonte: TEIXEIRA, 2024

A Lei da Reflexão estabelece que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão (Figura 5), ou seja, a luz refletida forma o mesmo ângulo com a normal (a linha perpendicular à superfície) que a luz incidente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Esse princípio é fundamental para compreendermos como as imagens são formadas em espelhos planos e outros sistemas ópticos.

Figura 5 – Raio de luz numa superfície regular



Fonte: TEIXEIRA, 2024

3.4.3 Refração

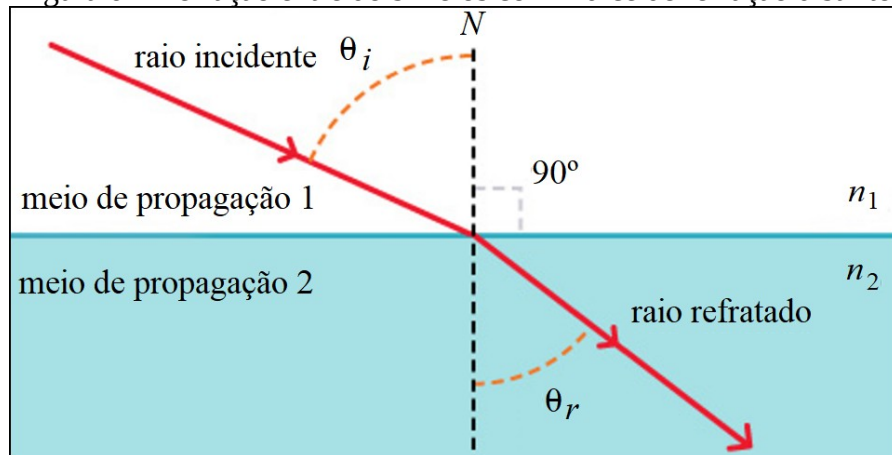
A refração é um fenômeno óptico que ocorre quando a luz atravessa a interface entre dois meios transparentes com diferentes índices de refração, como o ar e a água. Quando isso acontece, a velocidade da luz muda, o que causa a mudança de direção do raio luminoso.

A Lei de Snell-Descartes descreve matematicamente a refração, estabelecendo que o ângulo de incidência e o índice de refração dos meios estão relacionados ao ângulo de refração pela fórmula

$$n_1 \cdot \sin(\theta_i) = n_2 \cdot \sin(\theta_r)$$

na qual, n_1 corresponde ao índice de refração do meio 1 e n_2 ao índice de refração do meio 2 e θ_i e θ_r são os ângulos de incidência e refração, respectivamente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Figura 6 – Refração entre dois meios com índice de refração distinto



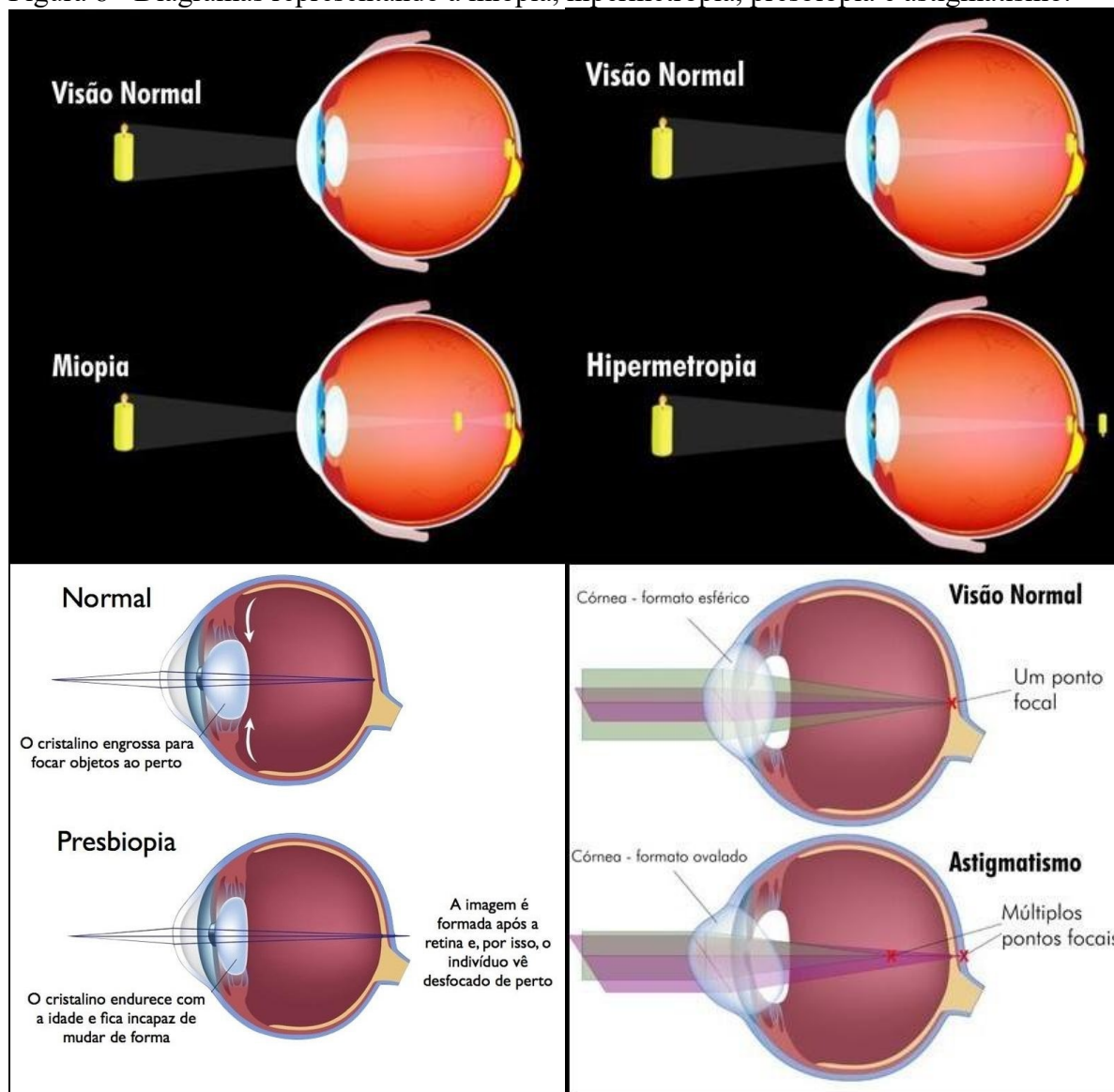
Fonte: Próprio autor, 2024

Um exemplo clássico desse fenômeno é quando observamos uma colher parcialmente submersa em um copo d'água. A parte da colher dentro da água parece estar quebrada ou deslocada devido à refração da luz ao passar da água para o ar.

A refração é um fenômeno fundamental em diversas aplicações, como lentes ópticas, prismas, formação de arco-íris e muitos outros.

ANEXO I – REPRESENTAÇÃO DOS DEFEITOS DA VISÃO

Figura 8 - Diagramas representando a miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo.



Fonte: <https://www.drmarciooftalmo.com.br/ametropias>

Links para vídeos curtos

Miopia: <https://youtu.be/HXbAPwXPiSg>

Hipermetropia: <https://youtu.be/7vcWRyKjgEw>

Presbiopia: <https://youtu.be/m-Zx7qKMs7A>

Astigmatismo: <https://youtu.be/ZZVMLEhU9Kk>