



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL E PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ANDERSON DA MOTA MOREIRA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE LENTES COM USO DE
PRÁTICA MAKER E SIMULAÇÃO**

Caruaru
2021

ANDERSON DA MOTA MOREIRA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE LENTES COM USO DE
PRÁTICA MAKER E SIMULAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional de Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisitos para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas

Caruaru
2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

M838s Moreira, Anderson da Mota.
Sequência didática sobre ensino de lentes com uso de prática maker e simulação. /
Anderson da Mota Moreira. – 2021.
125 f.; il.: 30 cm.

Orientador: João Francisco Liberato de Freitas.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, 2021.
Inclui Referências.

1. Física (Ensino médio). 2. Didática (Ensino médio). 3. Óptica geométrica. 4.
Lentes. 5. Métodos de simulação. 6. Aprendizagem experimental. I. Freitas, João
Francisco Liberato de (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)
UFPE (CAA 2021-292)

ANDERSON DA MOTA MOREIRA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENSINO DE LENTES COM USO DE
PRÁTICA MAKER E SIMULAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional de Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisitos para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado

Aprovada em: 19/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco.

Prof. Dr. Charlie Salvador Gonçalves (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco.

Prof. Dr. Cid Bartolomeu de Araujo (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco.

Dedico primeiramente a Deus,
A minha esposa Débora e a
minha filha Helena,
a quem tanto amo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela saúde e por nunca desistir de estudar. Agradeço a Jesus por ter se sacrificado por mim.

Ninguém se torna mestre só, na verdade ninguém conquista algo sozinho, por trás de todas as vitórias, sempre temos pessoas que nos apoiaram e nos fortaleceram, então agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram, vou destacar algumas dessas pessoas.

Não teria conseguido chegar nesse momento se não tivesse o apoio da família Vieira, com estadia, possibilitando descanso confortável. Entre eles agradeço o meu irmão Jonatas Vieira e sua Luana, casal o qual me fortaleceu, com apoio, palavras amigas, suporte material e orações, sem ele não saberia como agir. A família Vieira foi um instrumento de Deus para abençoar-me.

Agradeço também a família do Ageu, grupo de professores sem igual. Todos os professores da instituição deram, de alguma forma, uma ajuda, porém teve aqueles que foram além. Em primeiro destaque Marineide Paiva Ribeiro, professora que sem nenhum bônus assumiu uma parte da minha grade para que eu tivesse como ir as aulas sem que sofresse ônus algum. A coordenadora Karla Figueiredo, que sempre deu um suporte com relação ao ofício, possibilitando horário e condições para que eu pudesse, não só ter uma boa frequência nas minhas aulas, mas um bom desempenho nas avaliações. Agradeço a diretora Maria Antônia, mulher única, guerreira e segura, ela é um pilar no Ageu, ela mostra que ensino público pode sim ter qualidade, basta nos dedicarmos. Por fim agradeço meu amigo Rafael, que quando me encontrei sem saída, ele foi a mão amiga que veio me socorrer.

Continuo a agradecer, ainda na família do Ageu, porém agora aos meus alunos, sem eles nada disso faria sentido. Alunos únicos, cada um com sua particularidade, que me aceitaram não só como professor, mas como colega, como amigo. Deste grande grupo destaco os dez, que foram os ombros onde me apoiei, foram eles que me deram forças, eles que, mesmo de longe, fizeram

com que eu chorasse. A esses dez alunos, fica um forte agradecimento com todo carinho que posso ter, muito obrigado pessoal.

Agradeço aos meus professores, eles que abriram os meus olhos para a forma como ensinar física, a forma como estudar física. Agradeço ao meu orientador, João Freitas, homem que posso ter como exemplo de esforço e de estudo.

Agradeço a minha família, pessoas com quem compartilho um elo eterno, pessoas que comemoram minhas vitórias e choram minhas derrotas, pessoas que eu sei que estarão sempre ao meu lado. Agradeço a minha madrinha Elba Mota, mulher lutadora, forte e que nunca desistiu de mim. Sem a ajuda dela, o mestrado nem seria um sonho na minha vida. Minha mãe Elna Mota e meu pai José Artur, meu porto seguro, meus exemplos, eles criaram a possibilidade de eu conseguir chegar até aqui.

Por fim agradeço a minha esposa Débora Mota, mulher a qual eu luto para fazer feliz, mulher que topou entrar no meu “barco furado”, aceitou ficar com uma bebê recém nascida, nossa filha, várias noites, de forma que eu pudesse estudar, buscando uma melhor qualidade no meu ofício.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF), por terem me proporcionado a oportunidade de estudar e aprimorar meu conhecimento no ensino da física. Essa oportunidade não apenas mudará minha vida, mas de todos os meus alunos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O uso de sequências didáticas tem tido cada vez mais força no fazer pedagógico, pois permitem a estudantes e professores um caminho simples e organizado na busca de processos que resultem em aprendizagem significativa. Este trabalho mostra a **aplicação de uma sequência didática** para o ensino de **óptica geométrica** focado em lentes que foi desenvolvida com estudantes da **3ª Série do ensino médio**. Ao longo desta sequência se deu ênfase a saberes teóricos, atividades experimentais, ou seja, enfatizamos o desenvolvimento do aluno através da prática do **faça você mesmo**, batizado como **cultura maker**, uso de **simulação** e pesquisas sobre aplicações dos temas em situações do cotidiano com vistas a desenvolver uma visão crítica dos estudantes sobre a aplicação de conceitos físicos. A teoria da **aprendizagem significativa** de Ausubel, implementada e ramificada por Moreira no Brasil, e a teoria do ensino de Bruner são os fundamentos teóricos que embasam todo o caminho percorridos neste trabalho. A avaliação desta atividade foi realizada ao longo de todo o processo de implementação da sequência didática, dando-se atenção na busca de diferentes instrumentos avaliativos, a fim de, perceber indícios da existência de aprendizagem significativa crítica nas respostas dos estudantes. Com o uso dos diferentes instrumentos avaliativos podemos afirmar que a sequência didática foi bem sucedida em sua aplicação, desde os resultados apresentados nas avaliações somativas, quanto nos resultados obtidos das **práticas maker**, até a capacidade dos estudantes de se portarem de forma reflexiva e crítica, em relação a sua percepção e a utilização dos conhecimentos em seu cotidiano.

Palavras-chave: ensino de física; sequência didática; óptica geométrica.

ABSTRACT

The use of didactic sequences has gained increasing strength in pedagogical work, as they allow students and teachers a simple and organized path in the search for processes that result in meaningful learning. This work shows the **application of a didactic sequence for the teaching of geometrical optics** focused on lenses that was developed with 3rd grade high school students. Throughout this sequence, emphasis was placed on theoretical knowledge, experimental activities, that is, we emphasize student development through the **practice of do-it-yourself**, baptized as **maker culture**, use of simulation and research on the application of themes in everyday situations with a view to to develop a critical view of students on the application of physical concepts. Ausubel's **theory of meaningful learning**, implemented and ramified by Moreira in Brazil, and Bruner's theory of teaching are the theoretical foundations that support the entire path covered in this work. The evaluation of this activity was carried out throughout the entire process of implementing the didactic sequence, paying attention to the search for different evaluative instruments, in order to perceive signs of the existence of significant critical learning in the students' responses. With the use of different evaluation instruments, we can affirm that the didactic sequence was successful in its application, from the results presented in the summative evaluations, as well as the results obtained from the **maker practices**, to the students' ability to behave in a reflective and critical way, in relation to their perception and the use of knowledge in their daily lives.

Keywords: physics education; didactic; geometric optics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERÊNCIA PEDAGÓGICA	14
2.1	Um novo estudante	14
2.2	O behaviorismo	14
2.3	O cognitivismo	16
2.4	O construtivismo	17
2.5	O construtivismo não-piagetiano	18
2.6	O cocioconstrutivismo	19
2.7	Aprendizagem significativa de Ausubel	21
2.8	Formas significativa no ensino da física	23
2.9	União de experimentos e simuladores no ensino da física	24
2.9.1	<i>Simulador no ensino da física</i>	24
2.9.2	<i>Experimentos no ensino da física</i>	26
3	REFERENCIAL FÍSICO	27
3.1	Propagação da luz	27
3.1.1	<i>Propagação linear da luz</i>	28
3.1.2	<i>Reflexão</i>	29
3.1.3	<i>Refração</i>	30
3.1.4	<i>Princípio de Fermat</i>	30
3.1.4.1	<i>Luz em um único meio</i>	30
3.1.4.2	<i>Luz passando de um meio para outro</i>	32
3.2	Formação de imagem	33
3.2.1	Espelhos	34
3.2.1.1	<i>Espelhos planos</i>	34
3.2.1.2	<i>Espelhos esféricos</i>	34
3.2.1.3	<i>A equação dos pontos conjugados</i>	35
3.2.2	Lentes	37
3.2.2.1	<i>A equação dos pontos conjugados</i>	38
3.2.2.2	<i>A equação dos fabricantes de lentes</i>	40
3.2.2.3	<i>Aumento transversal</i>	41
4	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	43
4.1	Contexto histórico da óptica geométrica	43

4.1.1	<i>Euclides</i>	43
4.1.2	<i>Alhazen</i>	44
4.2	O confinamento da luz	45
4.3	A construção de uma lente	48
4.4	A primeira aplicação na biologia	51
4.5	A segunda aplicação na biologia	56
5	METODOLOGIA	59
5.1	Sequência didática	59
5.2	Os principais pontos da sequência didática	60
5.2.1	<i>Apresentação</i>	60
5.2.2	<i>Definição dos objetivos</i>	60
5.2.3	<i>Definição da sequência</i>	60
5.3	Os papéis	60
5.3.1	<i>O papel da sequência</i>	61
5.3.1.1	<i>Aprender a conhecer</i>	61
5.3.1.2	<i>Aprender a fazer</i>	61
5.3.1.3	<i>Aprender a conviver</i>	61
5.3.1.4	<i>Aprender a ser</i>	61
5.3.2	<i>O papel do professor</i>	62
5.3.3	<i>O papel do aluno</i>	62
5.3.4	<i>O movimento maker</i>	63
5.4	Desenvolvimento	64
5.4.1	<i>Parte expositiva</i>	64
5.4.1.1	<i>Formação de imagem</i>	64
5.4.1.2	<i>Lentes</i>	64
5.4.1.3	<i>Lei de Snell-Descartes</i>	65
5.4.1.4	<i>Conceitos fundamentais</i>	65
5.4.2	<i>Parte simulada</i>	65
5.4.3	<i>Parte experimental</i>	65
5.4.3.1	<i>A Lei de Snell-Descartes</i>	65
5.4.3.2	<i>Fibra óptica na água</i>	66
5.4.3.3	<i>A confecção de uma lente</i>	66
5.4.3.4	<i>A confecção de uma câmera escura</i>	66

5.4.3.5	<i>Microscópio caseiro</i>	66
5.5	Calendário de atividades	67
5.6	O professor doutor Cid Bartolomeu de Araújo	68
6	ANÁLISE DE DADOS	70
6.1	O pré-teste	70
6.1.1	<i>Aplicação das teorias</i>	70
6.1.2	<i>Formalismo matemático</i>	73
6.1.3	<i>Conhecimento aplicado</i>	76
6.2	O pós-teste	79
6.2.1	<i>Aplicação das teorias</i>	79
6.2.2	<i>Formalismo matemático</i>	83
6.2.3	<i>Conhecimento aplicado</i>	87
7	CONCLUSÃO	90
8	PERSPECTIVAS FUTURAS	91
	REFERÊNCIAS	92
	ANEXO A - REGISTRO DE AULA	95
	ANEXO B - O PRODUTO EDUCACIONAL	98

1 INTRODUÇÃO

Que as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem são inúmeras isso não é novidade. Ainda mais na alfabetização científica, onde a razão para o aprendizado fica relacionado ao acesso de universidades públicas e/ou particulares. A maior dificuldade dos professores é gerar no corpo discente uma vontade de aprender de forma significativa, fazendo com que a alfabetização científica fique enraizada no desenvolvimento do indivíduo.

Retirar os nossos estudantes da condição de agentes passivos e torná-los ativos na construção do conhecimento é o primeiro passo. Uma das maneiras possíveis de realizar esse passo é unir as tecnologias emergentes com experimentos a baixo custo onde o próprio estudante pode gerenciar todas as etapas do experimento. As tecnologias, em geral, atraem o interesse dos alunos muito mais do que as aulas tradicionais. Justamente pelo fato dessas tecnologias possibilitarem uma interação que lhes prendam mais a atenção do que as aulas tradicionais. (COSTA & BARROS, 2015)

Já os experimentos a baixo custo coloca o estudante na posição de protagonista, solucionando problemas e exercendo qualidades muito importantes para a formação do cidadão, desenvolvendo os quatro pilares da educação, são eles: Aprender a conhecer, envolve o ato de compreender, descobrir ou construir o conhecimento. Aprender a fazer, onde o estudante além de obter conhecimento teórico, precisam colocá-lo em prática. Aprender a conviver, onde colocar-se no lugar do outro são fatores chave nos dias atuais. E o Aprender a ser, relacionado ao desenvolvimento do ser como um todo (DELLORS, 1999).

Julgando a óptica geométrica como assunto chave para o estudo da física, uma vez que a mecânica, a ondulatória e outros conteúdos têm competências e habilidades usadas ou desenvolvidas na óptica. Será criado um produto facilitador de forma a organizar praticas pedagógicas envolvendo experimentos simples, com impactos teóricos, e simulações. Onde o estudante irá fazer um confronto entre a teoria e a prática, construindo o conhecimento de forma significativa.

Assim esse trabalho se organizou da seguinte forma. No capítulo 1 introduziremos os conceitos pedagógicos, fundamentado na aprendizagem significativa. No capítulo 2 faremos uma exposição dos principais conceitos físicos relevantes da óptica geométrica. No capítulo 3 será apresentada a sequência didática com as aplicações conceituais. No capítulo 4 seguiremos com a metodologia aplicada, sendo mais conceituais. Terminamos

no capítulo 5 fazendo uma análise dos dados baseando-se no desempenho dos alunos e concluimos com as considerações mais importantes e o que poderia ser feito para aprimorar esse trabalho.

2 REFERÊNCIA PEDAGÓGICA

2.1 Um novo estudante

O ensinar tem se transformado com o tempo, pois as maneiras que a sociedade interage com o indivíduo e as interações entre os indivíduos vem se modificando. É notório que a quantidade de informação que a geração atual recebe é cem vezes (talvez mais) maior que há duas gerações atrás. Isso altera muito a maneira com que se aprende, o tempo de concentração e os interesses no que será aprendido. A facilidade na comunicação tem aproximado “mundos” nunca antes imaginados, programas sociais (por exemplo: em Pernambuco, podemos citar o Ganhe o Mundo¹) tem levado os estudantes a regiões nunca galgadas, vivendo novas culturas e conhecendo outras formas de ensino, as quais os próprios professores não tiveram oportunidade de vivenciar em sua formação. Então, para o professor trazer um conhecimento científico para os novos estudantes de forma atualizada, atrativa e aplicável proporcionando uma aprendizagem significativa, é um grande desafio. Para compreender como se dar a aprendizagem se faz necessário compreender os principais marcos da evolução na forma de ensinar.

2.2 O behaviorismo

John Watson, insigne pai do Behaviorismo, em 1913 publicou o artigo “Psychology as the Behaviorist Views It” (também conhecido como Manifesto Behaviorista)

"A psicologia como o behaviorista a vê é um ramo experimental puramente objetivo das ciências naturais. Seu objetivo teórico é a previsão e o controle do comportamento. A introspecção não constitui parte essencial de seus métodos, nem o valor científico de seus dados depende da facilidade com que eles podem ser interpretados em termos de consciência. O behaviorista, em seus esforços para conseguir um esquema unitário da resposta animal, não reconhece linha divisória entre homens e animais. O comportamento do homem, com todo o seu refinamento e complexidade, constitui apenas uma parte do esquema total de investigação do behaviorista".

(John B. Watson - Psychology as the Behaviorist View)

Watson desenvolveu análises no ramo do behaviorismo chamado Behaviorismo Metodológico (1913), que é o estudo das relações reflexas. Essas relações são as que

¹ Programa de intercâmbio do Governo do Estado de Pernambuco para estudantes do ensino médio.

envolvem comportamentos involuntários, como o lacrimejar devido aos gases irritantes eliminados quando se corta uma cebola. O lacrimejar é a ação reflexo do estímulo, a cebola, essa é a base de um fenômeno chamado Condicionamento Reflexo. O Condicionamento Reflexo foi o fenômeno mais estudado por Watson, para ele, toda a diversidade de comportamento humano é devido a esse condicionamento. Pavlov propôs que seria possível inserir um reflexo condicionado a um fenômeno, exemplo um cão que sempre ao se alimentar escuta um determinado som (estímulo neutro), com o passar do tempo o animal saliva (resposta incondicionada) ao ouvir o som, mesmo que o alimento não tenha sido apresentado a ele. Logo o estímulo neutro passa a ser um estímulo condicionado e a resposta incondicionada passa a ser condicionada, agora que é gerada por um estímulo condicionado. (SOUSA, 1947)

Um exemplo de estímulo condicionado foi usado pela autora J. K. Rowling usou a teoria de Watson em sua obra, em Harry Potter e as relíquias da morte, onde animal mitológico é condicionado a esperar dor quando ouve um determinado som.

Outro autor behaviorista bastante conhecido é Frederick Skinner, que segue outro ramo do Behaviorismo, o Behaviorismo Radical (1945). As maiores diferenças entre os ramos do Behaviorismo Metodológico e o Radical é que; no Metodológico, Watson analisa o comportamento reflexo, desconsiderando o pensamento e as emoções. No Radical, Skinner analisa o comportamento operante e não desconsidera o pensamento e as emoções, para ele o pensamento e as emoções são comportamentos, e a mente não existe.

O comportamento operante se dá quando uma ação de um organismo tem uma recompensa, se for uma recompensa positiva, é provável que a ação do organismo se repita em situações semelhantes, já uma recompensa negativa, a ação dificilmente retornará a acontecer. Nota-se que para Skinner o estímulo vem depois de uma ação do organismo e a consequência dessa ação nem sempre será a mesma, vai depender das condições. Então se podermos controlar as condições em que as ações acontecem e darmos estímulos positivos ou negativos, podemos “ensinar” usando o Behaviorismo Radical. Na educação de crianças o castigo dado é um processo Radical, um estímulo negativo para uma ação compreendida como errada.

Porém, tanto Watson quanto Skinner estudaram a aprendizagem como um modo direto, em que o cognitivo não era levado em consideração e por isso o Behaviorismo tornou-se obsoleto e, na teoria, desprezado no sistema de ensino atual. Mesmo assim encontram-se diversas características behavioristas em uma instituição de ensino,

principalmente no ensino básico. O exemplo disso é o “toque” para o fim da aula, supondo que o estudante largue às 12:00, e se às 12:00, por alguma razão, não ocorre o toque, poderia o professor liberar a turmas às 12:00?

2.3 O cognitivismo

Não incluir a mente no processo de análise no comportamento humano foi um erro do Behaviorismo. Pensando assim Edward Tolman desenvolveu o Behaviorismo Cognitivo, teoria concorrente com o Behaviorismo Radical. O Behaviorismo Cognitivo foi o início do movimento que derrubaria o Behaviorismo Radical em 1960, com Psicologia Cognitiva emergindo com um conjunto de ideias que ficou conhecido como Cognitivismo. As teorias cognitivistas não contrariam o Behaviorismo por completo, elas o ampliam, como um "melhoramento". No Cognitivismo o indivíduo ao receber um estímulo, ele processa antes de dar uma resposta. Esse processamento é realizado pela mente e pode ser diferente em sujeitos diferentes.

Robert Gagné, inicialmente behaviorista, iniciou suas pesquisas no Cognitivismo. A maior herança de Gagné foi a ideia das Tarefas Hierárquicas. Para Gagné uma habilidade mais complexa era subdividida em habilidades mais simples, quando um indivíduo adquirisse as habilidades mais simples, teria adquirido a habilidade mais complexa, ou estaria apto para adquiri-la. Gagné deixou um conjunto de orientações gerais para o ensino.

Seguindo uma pesquisa muito similar a Gagné, Benjamin Bloom desenvolveu a Taxonomia de Bloom, onde fazia *links* das habilidades com competência. Bloom e seus colaboradores, na segunda metade da década de 50 do século passado, criaram a Taxonomia dos Objetivos Educacionais com a finalidade de facilitar a elaboração de questões para os exames de acesso as universidades americanas, (KRATHWOHL, 2002).

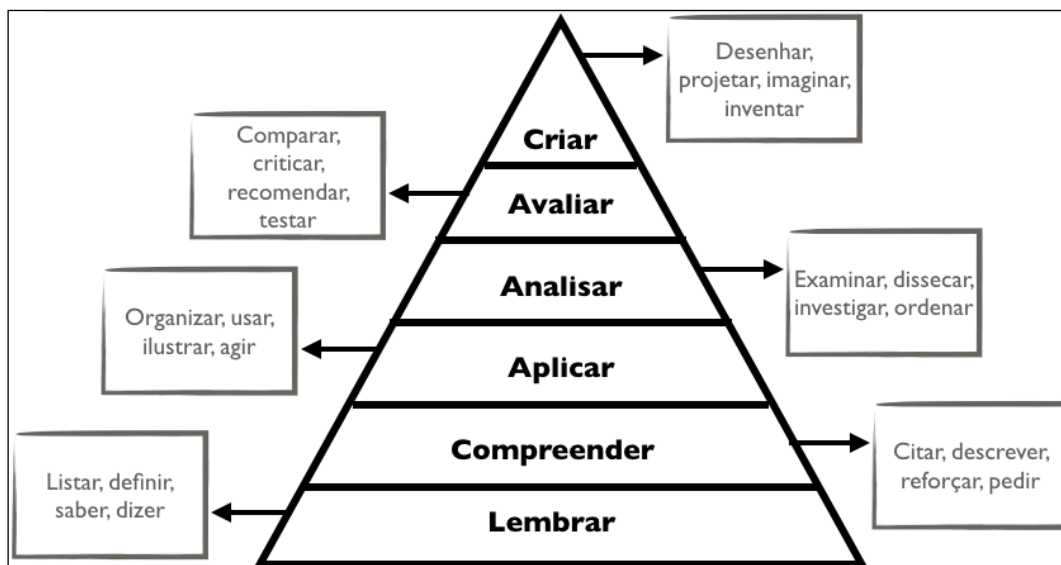


Figura 1 - Taxonomia renovada de Bloom

2.4 O construtivismo

O construtivismo é uma teoria da aprendizagem, também entendida como uma corrente pedagógica, que tem como principal foco o entendimento da obtenção da aprendizagem relacionado com a interação do indivíduo com o meio.

Um dos principais estudiosos do Construtivismo, Jean Piaget que desenvolveu uma das vertentes mais famosa do Construtivismo, a Epistemologia Genética. Os estudos de Piaget no âmbito da psicologia iniciaram-se nos anos de 1920, mas só na década de 1960 que tiveram projeção mundial. Aqui no Brasil tivemos que esperar até a década de 1980 para termos acessos as ideias de Piaget. Devido a complexada do construtivismo piagetiano, tiveram diversos equívocos. Piaget defende que os sujeitos aprendem interagindo com aquilo que desejam compreender, logo, o professor deve projetar atividades de pesquisa, de exploração, atividades nas quais os estudantes possam ter um papel ativo na busca pelo conhecimento, em vez de apenas receberem informações oferecidas “de bandeja”. A Epistemologia Genética de Piaget estuda como um indivíduo passa do estágio de não conhecimento para o estágio de conhecimento. Para responder essa questão, Piaget propõem o processo de Assimilação e Acomodação. Além da Pedagogia da Espera (que foi interpretada de forma equivocada) e do processo de Assimilação e Acomodação Piaget pesquisou os períodos de desenvolvimento, observando os seus filhos e catalogando estágios. (SILVA, 2011)

Outro pesquisador do Construtivismo foi Henri Wallon, que se dedicou profundamente ao estudo da criança por acreditar que esse era o melhor caminho para se compreender a origem dos processos psicológicos humanos. Estudando o desenvolvimento infantil, Wallon explorou tanto na dimensão cognitiva, afetiva e motora, recusando-se a estudar apenas em uma dessas dimensões. Para Wallon, a escola deve fornecer uma formação integral, ou seja, uma formação afetiva, social e intelectual. Sua teoria representa um marco importante no pensamento pedagógico, pois o afetivo era uma variável pouco considerada no processo educativo até então.

Os trabalhos de Wallon situasse no campo da Psicologia Genética, não confundir com a Epistemologia Genética de Piaget. Na Psicologia Genética observam-se quais as origens dos processos psíquicos, enquanto pode-se dizer que a Epistemologia Genética se interessa pelas origens do conhecimento, já a Psicologia Genética se interessa pelos processos psicológicos (PILETTI & ROSSATO, 2011). Wallon afirma que é através de Crises e Conflitos que são ocasionados do amadurecimento do sistema nervoso trazendo novas possibilidades orgânicas para o exercício do pensamento e de alterações no meio social. É do conflito dessas situações que a criança vai desenvolvendo novos conhecimentos, partir do conflito com outros ramos do estudo da aprendizagem. Para Wallon, a inteligência só se vem depois da afetividade.

O período da Guerra-Fria gerou uma forte influência no processo de ensino, uma vez que com o lançamento do Sputnik, levantou-se uma sensação que os estudantes americanos estavam em desvantagem em relação aos estudantes soviéticos. Em conferência para rever os processos de ensino e aprendizagem, aparece Jerome Bruner, um forte pesquisador do Construtivismo e precursor do Construtivismo-Não Piagetiano.

Recentemente tivemos outro forte movimento que impulsionou a ciências e estudos em gerais, a corrida para a vacina do Covid-19, onde, dessa vez, o investimento não foi voltado para o espaço, mas sim para o mundo microscópico.

2.5 O Construtivismo não-piagetiano

Apesar das semelhanças entre as ideias de Bruner e Piaget, eles também discordam em alguns pontos. Bruner discorda da forma rígida como os estágios de desenvolvimento piagetiano são descritos. Piaget, particularmente, considera que se a escola tentar ensinar determinados conteúdos cedo demais, isso pode ser prejudicial ao desenvolvimento da aprendizagem da criança, pois ela não será capaz de construir os conhecimentos de forma adequada, o que pode gerar sentimento de frustração,

incompetência e inadequação. Logo, cada série deve trabalhar com conteúdo apropriados à faixa etária, bem similar a Hierarquia proposta por Gagné no início do Cognitivismo. (BARROS, 1995)

Bruner, ao contrário, considera que qualquer assunto pode ser ensinado a qualquer pessoa em qualquer fase de desenvolvimento. Isso não quer dizer que uma criança de seis anos será capaz de compreender teorias complexas em todas as suas nuances, mas que se o conteúdo for estruturado adequadamente, as ideias centrais de qualquer teoria podem ser entendidas pela criança, e se um especialista naquela teoria fizer perguntas à criança, ela poderá fornecer uma explicação plausível da teoria. (BARROS, 1995)

As afirmações de Bruner são fundamentadas, pois ele trabalhou com crianças de forma muito parecida com aquela utilizada por Piaget. Contudo, Piaget sempre rejeitou a afirmação de que qualquer coisa possa ser ensinada a qualquer pessoa em qualquer idade. De qualquer forma, é justo reconhecer que o foco dos estudos piagetianos nunca foi a aprendizagem escolar, mas a aprendizagem de maneira generalizada, e que ele escreveu apenas uma obra sobre educação, ainda assim em coautoria com Barbel Inhelder.

2.6 O socioconstrutivismo

Com o avançar no estudo das formas como o homem aprende, tomando como ponto de partida o materialismo dialético de Karl Marx, Vygotsky entende que o homem, esse ser biológico, torna-se, ao longo da vida, também um ser psicossocial, através dos processos de socialização de que toma parte no meio em que vive. Esses processos de socialização (brincadeiras, atividades culturais, convívio familiar etc.) permitem que as pessoas internalizem as práticas culturais que estão socialmente estabelecidas, dando origem aos processos psicológicos superiores (a capacidade de tomar decisões, de pensar em coisas que não estão presentes, de planejar o futuro etc.). Também é por meio da socialização que adquirimos os sistemas simbólicos culturalmente partilhados como a linguagem.

Vygotsky considera que são características exclusivamente humanas a capacidade de pensarmos sobre objetos ausentes, imaginarmos situações nunca vivenciadas e planejarmos eventos futuros. Assim, além de ações reflexas (sugar o seio da mãe), automatizadas (direcionarmos a vista em direção a um movimento ou som que nos chama a atenção) e associações simples (evitarmos tocar na ponta de uma agulha após sentirmos que ela machuca), somos capazes de processos psicológicos mais sofisticados, considerados superiores. Nós planejamos o futuro, tomamos decisões complexas,

estudamos a nós mesmos. Nós somos capazes de agir sobre o meio de modo intencional e, nesse processo, transformá-lo em um nível de intensidade possível apenas aos humanos. (VYGOTSKY, 1987)

Para Vygotsky, o pensamento e a linguagem estão intimamente relacionados. Em geral, comunicamos nossos pensamentos aos outros através de palavras, e quando raciocinamos para nós mesmos, nosso pensamento costuma apoiar-se também em palavras, numa espécie de discurso interior.

Mas nos primeiros anos de nossa vida, o pensamento e a linguagem são processos separados. O pensamento ocorre independente da linguagem. A linguagem, por sua vez, quando começa a ser adquirida, tem função principal de comunicação em um nível muito rudimentar, para pedir coisas como água ou alimento e para comunicar dor ou desconforto. Nesse nível, a linguagem ainda não é um instrumento cognitivo. Só por volta dos dois anos de idade, a linguagem e o pensamento começam a se inter-relacionar, resultando no pensamento verbal (quando pensamos e uma vozinha interior vai costurando nosso raciocínio) e na linguagem racional (quando falamos sobre nossos planos, apresentamos ideias etc.). Quando isso ocorre, os processos de raciocínio ganham maior sofisticação, devido à dimensão simbólica da linguagem, ou seja, à capacidade da linguagem de representar objetos e situações que não estão presentes ou que nunca foram vistos ou vivenciados. (VYGOTSKY, 1987)

Isso não quer dizer que não possa mais ocorrer linguagem sem pensamento, ela continua ocorrendo quando repetimos frases decoradas, por exemplo. Também não significa que não ocorra mais o pensamento sem linguagem. Ele ocorre quando operamos uma máquina que já dominamos perfeitamente e nem precisamos refletir sobre os procedimentos de operação. Mas o pensamento verbal e a linguagem racional são as ações psicológicas que passam a preponderar.

Vygotsky atribuía grande importância à brincadeira baseada em imitação para o desenvolvimento intelectual das crianças. Durante a imitação, geralmente os papéis representados estão ligados a pessoas e situações que exigem da criança que saia de si mesma e atue como uma pessoa mais velha que desempenha um papel social que lhe desperta a curiosidade. Nesse processo, as crianças precisam discutir padrões sociais, chegar a consensos sobre regras de conduta e aprender a regular seu próprio comportamento segundo o que é exigido ou esperado no contexto da brincadeira.

2.7 Aprendizagem significativa de Ausubel

David Ausubel cresceu indignado com a educação que recebera, pois sofrera durante anos. O pesquisador norte americano dizia que, quanto mais sabemos mais aprendemos. Tornou-se famoso por propor o conceito de aprendizagem significativa. “O fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece” (AUSUBEL, 1980).

Quando sua teoria foi apresentada, em 1963, as ideias behavioristas predominavam. Acreditava-se na influência do meio sobre o sujeito. O que os estudantes sabiam não era considerado e entendia-se que só aprenderiam se fossem ensinados por alguém. A concepção de ensino e aprendizagem de Ausubel segue na linha oposta à dos behavioristas. Para ele, aprender significativamente é ampliar e reconfigurar ideias já existentes na estrutura mental e com isso ser capaz de relacionar e acessar novos conteúdos. Pensada para o contexto escolar, a teoria de Ausubel leva em conta a história do sujeito e ressalta o papel dos docentes na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem. De acordo com ele, há duas condições para que a aprendizagem significativa ocorra: o conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente revelador e o estudante precisa estar disposto a relacionar o material de maneira consistente e não arbitrária. (TAVARES, 2008)

Para Ausubel, a aprendizagem significativa implica na aquisição de novos conceitos, ou ainda, é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Tem respaldado muitos estudos referentes a aquisição de conceitos na escola e tem na aprendizagem significativa por recepção seu principal tema.

A teoria da Aprendizagem Significativa propõe que a tarefa de aprendizagem, seja ela por recepção ou por descoberta, deve relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outros conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Já a aprendizagem mecânica ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias, quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa. (AUSUBEL, 1980).

Na perspectiva da sala de aula, para o professor otimizar a aprendizagem significativa ele deve relacionar o conteúdo vivenciado com o cotidiano do aprendiz, para que o conteúdo comece a ter sentido. Uma das perspectivas mais interessante dos críticos é a preocupação em construir um meio que seja uma teoria de ensino que pudesse mediar

os professores no desempenho em sala de aula. Logo decorrer dos estudos para que a aprendizagem significativa aconteça, é fundamental a presença de características marcantes para colaborar na ação cognitiva do indivíduo. Assim a aprendizagem flui com mais domínio e a estrutura do aprender passa a ter predominância no sentido cognitivo e afetivo (MOREIRA & MASINI, 1982)

Outro autor da aprendizagem significativa é Moreira, afirma que uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é a predisposição para aprender e há entre a condição e a predisposição uma relação circular, pois a aprendizagem, já ocorrida e internalizada, produz um interesse em aprender, ou uma predisposição que é transformada em atitudes e sentimentos positivos que facilitam a aprendizagem. Ressaltando-se a visão de Moreira, a teoria de Ausubel é expressada da seguinte forma:

"Para conquista de uma determinada estrutura cognitiva como estudo na citada disciplina é compreendido informações e meios onde se possa inferir a noção de aprendizagem maior. Daí o emprego de métodos que situem e ordenem uma série do conteúdo de maneira autentica e estável da estrutura cognitiva".
(MOREIRA, 2003, p. 2-17)

Ausubel, em toda a sua obra, constantemente, assinala o papel dos conceitos superordenados e subordinados na aprendizagem significativa. Uma referência dada por Vygotsky para ilustrar a função de diferentes graus de generalidade no aparecimento de um sistema pode ajudar a entender a função dos conceitos superordenados:

"Uma criança aprende a palavra flor, e logo depois a palavra rosa; durante muito tempo o conceito flor, embora de aplicação mais ampla do que rosa, não pode ser considerado o mais geral para a criança. Não incluem e não subordina a si a palavra rosa- os dois são intercambiáveis e justapostos. Quando flor se generaliza, a relação entre flor e rosa, assim como entre flor e outros conceitos subordinados, também se modifica na mente da criança. Um sistema está se configurando".
(VYGOTSKY 1987, p.80)

Assim sendo, é importante destacar algumas prioridades para aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, e direcionar caminhos para futuras pesquisas.

Para Ausubel, a estrutura cognitiva existente - tanto o conhecimento de um indivíduo, como as suas propriedades organizacionais, num assunto específico, num determinado momento, é o principal fator que influencia a aprendizagem significativa.

O professor, atuando como um mediador, deve conduzir o aprendiz ao conhecimento, usando a aprendizagem como caminho. A conquista imediata que se coloca para o professor é como conhecer a estrutura cognitiva de seus alunos e como

contribuir para que ela possa se tornar mais clara, estável e organizada adequadamente. Além disso o professor contribuir para que haja uma relação de aprender sempre, para que o aluno busque a essência do entendimento na sua estrutura lógica. Tendo como exemplo, conceitos e formas para obter uma situação de aprendizagem mais coerente diante das habilidades.

A escola, como instituição, deve identificar em cada disciplina e no conjunto delas, os conceitos mais abrangentes que tenham o maior poder de inclusão. Priorizando os que tenham maior poder de extensão, pode ser um referencial para seleção dos conteúdos escolares e também pode permitir que a avaliação tivesse, por parâmetro, identificar se realmente o aluno aprende o que é essencial, e não, se ele apenas memorizou pormenores ou detalhes.

O aprendiz, desenvolvendo o seu papel de estudante, tem um papel importante nos estudos, pois a aprendizagem dos alunos não depende apenas do mérito dos professores, no entanto, é necessário um esforço do estudante para que gere um rendimento suficiente na sua estrutura cognitiva para facilitar a aprendizagem.

Nesta perspectiva, o planejamento educacional passa a ter outro significado, na medida em que a implantação de programas curriculares que privilegiem os conceitos fundamentais, facilita uma abordagem taxonômica, na qual conhecimentos que mantêm uma relação recíproca com outro podem ser, em diferentes séries ou em diferentes disciplinas, tratados por diversos professores. Dessa forma, resgata-se algo fundamental na escola: a construção do conhecimento passa a ser uma tarefa coletiva.

2.8 Formas significativa no ensino da física

De modo geral a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, onde os novos significados adquiridos visam enriquecer os já existentes, elaborando assim cada vez mais os conceitos estudados. Em uma aprendizagem significativa não acontece apenas o acúmulo do conhecimento, mas se constrói-se a capacidade de transferir esse conhecimento para a sua possível aplicação em um contexto diferente daquele em que ela se concretizou. (TAVARES, 2008)

No entanto, o que se observa ainda hoje nos processos escolares, é uma insistente fragmentação dos conceitos científicos a serem estudados, onde, não se estabelece

relações com os possíveis conhecimentos pertinentes ao nível de ensino em que ele se encontra.

Existe ainda um grande agravante nesta percepção, que são os currículos escolares estagnados, propostos para serem seguidos e que muitas vezes não dão a liberdade para que os conteúdos sejam abordados de onde o aprendiz possua um elo para ligar o seu conhecimento prévio com o que está sendo transmitido.

No ensino da física, é possível fazer essas relações. Pois ao longo da vida escolar dos estudantes eles vem recebendo inúmeras informações que formam o conhecimento prévio, dentro do ensino de ciências. Esse processo de organização se assemelha bastante as Tarefas Hierárquicas proposta por Gagné no cognitivismo. Onde para avançar as séries os estudantes devem aprender habilidades previas. Assim, ao chegar no ensino médio, a bagagem de habilidades, agora chamadas de conhecimentos prévios, já podem ser usada como ponto de partida para assuntos mais aprofundados (TAVARES, 2008).

Um bom exemplo é o estudo do Sistema Solar. As crianças começam a estudá-lo desde as séries iniciais do ensino fundamental nas aulas de Ciências. No momento que os conceitos sobre o Sistema Solar forem incorporados de forma significativa, ao chegar no Ensino Médio os estudos voltados aos Movimentos dos Planetas, a Gravitação Universal, Aceleração da Gravidade, poderão ser compreendidos com maior facilidade, pois terão um “gancho” onde se ancorar e assim concretizar o processo de ensino com uma aprendizagem realmente significativa.

2.9 União de experimentos e simuladores no ensino da física

Sabendo que para desenvolver uma aprendizagem significativa, devemos partir de um conhecimento prévio, podendo ser alguma habilidade adquirida com estudo anterior ou de algo do convívio do estudante, o ensino da física pode partir de uso de simuladores ou de experimentos. Uma vez que o uso de novas tecnologias já faz parte do cotidiano do estudante e podemos desenvolver experimentos, práticos ou observacionais, para deles partir como conhecimento prévio. Ambas as partidas utilizam alguma habilidade adquirida anos anteriores de estudos.

2.9.1 Simulador no ensino da física

Hoje é bem difundido como ferramenta de ensino, o simulador já tem tomado espaços em locais de ensino de forma a substituir a falta de estrutura laboratorial

(MOREIRA, 2015). Uma das ferramentas mais conhecidas é o PhEt², sitio desenvolvido pela Universidade do Colorado já com o objetivo de auxiliar o professor na alfabetização científica de jovens nas áreas das ciências da natureza e matemática.

O PhEt tem como vantagem os simuladores já prontos e de fácil aplicação em sala. A possibilidade de usar linguagens de programação e programas que podemos usar como ferramentas de ensino. O Python® é a linguagem de programação mais potente usada para simuladores em física (COLPO & FARIA & MACHADO, 2015). Para quem não quer se aventurar em programação, temos programas como o Modellus®³ ou o Algodoo®⁴, onde podemos simular movimentos diversos em áreas da física. Ambos são gratuitos ao público.

Uma outra ferramenta que podemos usar, não chega a ser um simulador, porém é um forte aliado no ensino significativo, é o Tracker®⁵, com ele possível fazer estudo em vídeo análise de diversos tipos de movimentos.

O papel do professor neste método de ensino, que utiliza uma ferramenta computacional para exemplificar um fenômeno físico, é de auxiliar o estudante nas interações com as simulações (COSTA & BARROS, 2015), oportunizando a aprendizagem de forma mais atrativa e permitindo ao aluno a construção de conhecimentos significativos.

Os estudantes terão a oportunidade de reestruturar e organizar o conhecimento adquirido com auxílio do professor nas interações dos fenômenos físicos nas simulações. Desta forma, acredita-se que os alunos se sentirão motivados a aprender, e inteirar-se dos conteúdos da Física por intermédio desta inovação metodológica no ensino aprendizagem, ferramenta importantíssima do mundo moderno (MOITA, VERASZTO & CANUTO 2011).

Para o desenvolvimento desse trabalho, usaremos o Algodoo®, pois o programa de simulação com maior proximidade com os fenômenos estudados, gratuito para usuários com Windows (na data de abril de 2021) e com os resultados próximo do esperado nos experimentos.

² https://phet.colorado.edu/pt_BR/

³ http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/modellus/modellusI_introducao.htm

⁴ <http://www.algodoo.com>

⁵ <https://physlets.org/tracker/>

2.9.2 Experimentos no ensino da física

Uso de experimentos de baixo custo, assim como os simuladores, tem sido uma saída para a falta de estrutura laboratorial. Uma das dificuldades de se fazer esse tipo de ferramenta é que as vezes adaptar um experimento para torná-lo baixo custo, acaba sendo impossível.

Mas, alguns experimentos são simples, baratos e tem um efeito pedagógico expressivo. Um dos movimentos mais ativos na atualidade é o “faça você mesmo” onde o aluno, em prática, constrói um objeto que é a materialização dos processos e conceitos aprendidos durante as etapas de montagem, esse movimento é chamado de *Maker*, geralmente atrelado a um ambiente totalmente voltado a essa prática. Então o objetivo é que os estudantes coloquem a mão na massa e construam soluções que para eles eram impossível ou complicado. Usando dessa mesma filosofia, um experimento a baixo custo faz com que o estudante busque soluções criativas para construir o conhecimento a partir de objetos que o mesmo poderá construir nesse ambiente *maker*.

Um exemplo do “faça você mesmo” é a construção de um estilingue para lançamento de projeteis. Quando pronto, podemos relacionar com diversos conteúdo físicos e podemos inserir um outro conhecimento prévio. Relacionar com o jogo Angry Birds, onde usa-se um estilingue para fazer lançamentos. (MOITA, VERASZTO & CANUTO 2011)

Note que no exemplo encontramos o aprendizado significativo em prática, partimos do conhecimento cotidiano. Assim o aprendizado no estudo de lançamentos (por exemplo) fica de forma significativa para esse estudante, uma vez relacionado com coisas do cotidiano e partindo de observações que o mesmo fez antes.

3 REFERENCIAL FÍSICO

Em maioria, os conceitos físicos apresentados nesse trabalho são facilmente em livros fundamentais, como o Fundamentos de Física (vol. 4) de Halliday, Walker e Resnick ou o Curso de física básica: Ótica, relatividade, física quântica (vol. 4) de Moysés Nussenzveig. Porém esses conceitos encontram-se em uma vasta bibliografia que poderia ser usada, a escolha para esse trabalho foi no fato desses autores citados serem os mais aplicados em universidades e na formação de professores.

3.1 Propagação da luz

A luz é uma radiação eletromagnética. Existem diversos “tipos de luz”, a que o homem vê, e será nossos limites de estudo, é a radiação localizada entre as radiações infravermelha e ultravioleta (faixa eletromagnética de ondas com frequências de 375 à 660 THz) (ver figura 2). Apesar de um comportamento anômalo, em interações de luz com a matéria a luz ser melhor modelada como ftons e se comportar partícula, e quando a mesma se propaga por um espaço livre ser melhor modelada como onda, devido a esta situação dizemos que a luz tem uma natura dual e nomeamos a isto de dualidade onda-partícula da luz. Porém essa compreensão foi construída durante muitos anos.

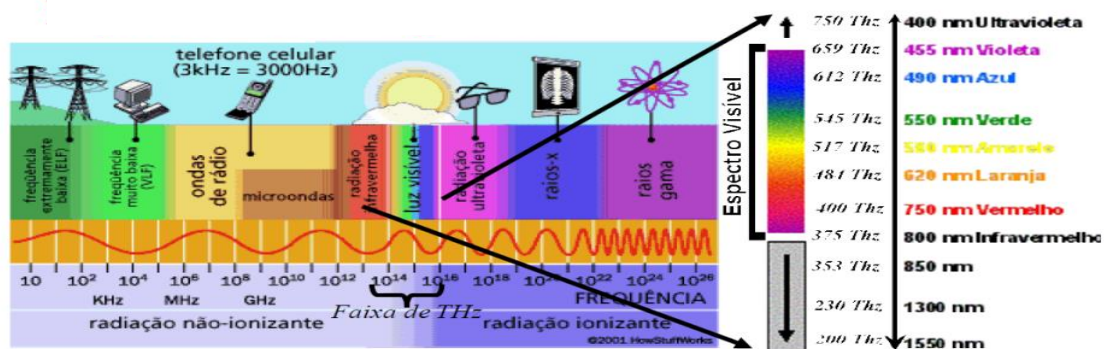


Figura 2 - Espectro Eletromagnético - Figura sedida pelo professor João Freitas

As primeiras ideias da natureza da luz vieram dos gregos, onde Lucrécio (séc. I a.C) afirmou que, tanto a luz como o calor, eram compostos por partículas, provavelmente influenciado pelo movimento atomista que estava iniciando. O principal expoente da teoria corpuscular da luz foi Newton.

No séc. XVII, Huygens, e outros, propuseram que a luz fosse uma onda. Esse movimento ganhou bastante força depois do experimento de Young, onde Thomas Young

e Augustin Fresnel demonstraram comportamentos ondulatórios em feixes de ondas, onde não seriam observados em estruturas corpuscular.

Essa discussão sobre o comportamento da luz se deu até final do séc. XIX, quando Albert Einstein, usando as ideias de Max Planck, explicou o fenômeno da emissão fotoelétrica. Onde pequenos feixes de luz são modelados como pacotes de energia e esses são chamados de fótons. Para Einstein quando a luz se propaga no espaço, ela se comporta como uma onda, demonstrado pelo experimento de Young, e quando a luz incide sobre um objeto (interação luz-matéria), ela se comporta como uma partícula, como no fenômeno fotoelétrico.

Atentando para o período em que a luz está em movimento (se comportando como onda) existem alguns fenômenos muito importantes como a transmissão, a reflexão e a refração. Assim, vamos tratar a luz no âmbito da óptica geométrica, isto é, como sendo um raio que se propaga em linha reta, o conjunto de raios de luz denominaremos como sendo um feixe de luz.

3.1.1 Propagação linear da luz

Embora as ondas luminosas se espalhem ao se afastarem de uma fonte, podemos supor sua propagação em linha reta, sendo essa suposição uma boa aproximação, para propagações em espaço livre. O estudo da onda luminosa usando essa aproximação é chamada de óptica geométrica e é a ferramenta de estudo desse trabalho, a óptica geométrica da luz visível. (NUSSENZVEIG, 1998)

Os princípios de propagação retilínea e independência dos raios de luz são ocasionado pela natureza eletromagnética de propagação da luz, como não é o objetivo desse trabalho tratar a natureza da luz, vamos assumir como verdade absoluta esses dois princípios, assim para todo o nosso desenvolvimento a luz se propaga em linha reta e não sofre interferência de outros raios de luz, mesmo que se cruzem.

A luz se propaga em meios, para nossos estudos consideraremos todos os meios transparentes. Assim suponha que um feixe de luz se propagando em linha reta incida em um outro meio, onde o índice de refração seja maior que o ar (considerado 1)

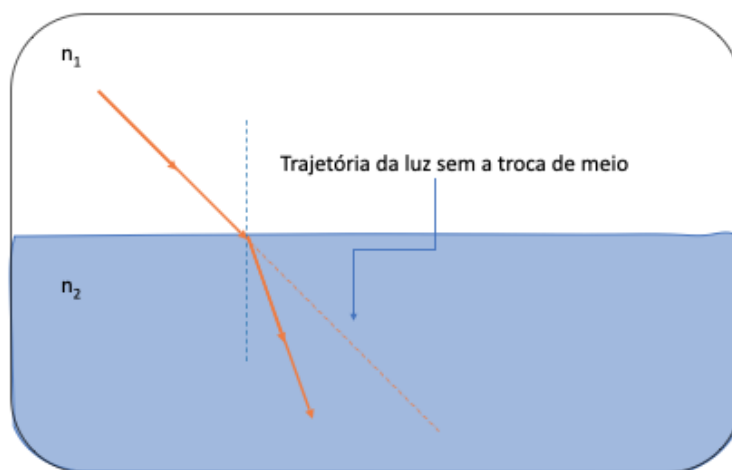


Figura 3 - Luz passando de um meio 1 para o meio 2.

O índice de refração é a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz em um meio (v) específico onde se propaga.

$$n = \frac{c}{v} \quad (\text{Eq1})$$

Note na figura 3, temos o raio incidente, ao colidir com a superfície, ocorre dois fenômenos, dividindo-se em raio refletido e raio refratado. Assim dizemos que um meio é mais refringente que outro quando seu índice de refração é maior que do outro e, de outra maneira, podemos dizer que no meio é mais refringente a luz se propaga com velocidade menor que no outro, a isso chamamos de refringência do meio.

3.1.2 Reflexão

A reflexão da luz é um fenômeno que corresponde quando a luz incide em uma superfície, no qual retorna ao meio de origem, esse fenômeno ocorre em espelhos e em lâmina d'água. Dessa maneira, os raios incidentes de luz, são aqueles que atingem a superfície enquanto os raios refletidos, são aqueles que retomam ao meio de propagação. Notasse experimentalmente os ângulos de incidência e refletido são os mesmos.

Dependendo da superfície, o fenômeno da reflexão é classificado em: Reflexão Regular: Quando o feixe de luz é bem definido e segue uma direção bem definida mantendo o paralelismo do feixe de luz. Reflexão Irregular: Também chamada de reflexão difusa, nesse caso, a luz é refletida numa superfície rugosa, levando a quebra do paralelismo da luz incidente, ver figura 4.a para compreender o fenômeno.

3.1.3 Refração

O fenômeno da refração ocorre quando o feixe de luz passa de um meio para outro, assim ocorre uma variação da sua velocidade, uma vez que o índice de refração dos meios é distinto. Esse fenômeno causa a ilusão de deformação em objetos, também gera a ilusão da localização de objetos, exemplo um peixe sendo visto por um pescador, ver figura 3 para compreender o que ocorrendo fenômeno.

3.1.4 Princípio de Fermat

O desenvolvimento apresentado aqui foi em suma baseado no livro Curso de Física Básica, vol 4 de H. Moysés Nussenzveig, capítulo 2.

O caminho escolhido pela luz para percorrer de um ponto A para um ponto B, será o de menor tempo. A aplicação desse princípio é a base para esclarecer os fenômenos na óptica geométrica. O princípio de Fermat é um princípio variacional, uma vez que usamos o tempo mínimo.

3.1.4.1 Luz em um único meio

Supondo um feixe de luz com origem na posição B, e um observador na posição

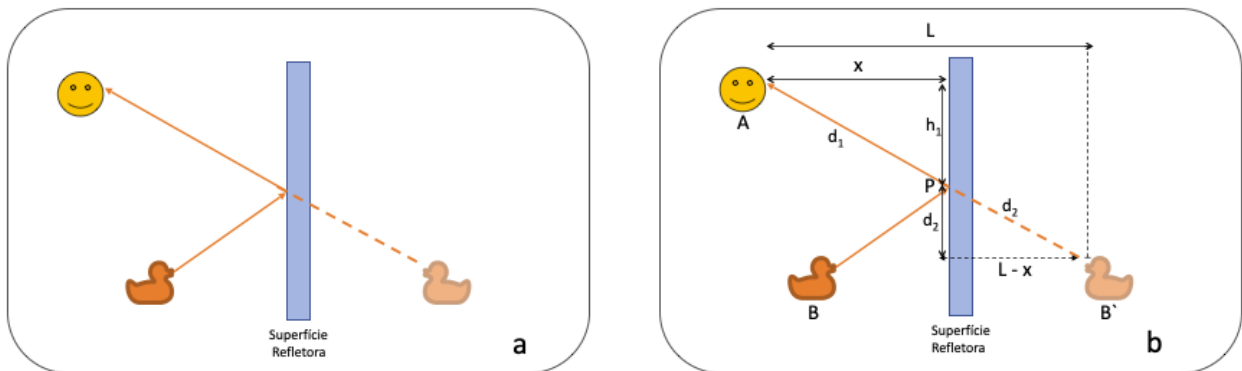


Figura 4. (a) Feixe seguindo uma trajetória qualquer de B para A. (b) Trajeto de menor tempo entre os pontos A e B.

Nota-se que a soma dos seguimentos AP e PB é igual a soma dos seguimentos AP e PB'. Assim podemos afirmar que:

$$\begin{cases} d_1 = \sqrt{x^2 + h_1^2} \\ d_2 = \sqrt{(L-x)^2 + h_2^2} \end{cases}; \quad (\text{Eq2})$$

$$\Delta d = d_1 + d_2 \rightarrow \Delta d = \sqrt{x^2 + h_1^2} + \sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}; \quad (\text{Eq3})$$

Onde Δd é o caminho percorrido pelo feixe de luz. Sendo a velocidade da luz constante em um meio, podemos aplicar a razão da velocidade média, obtendo o tempo que a luz leva para sair de A e chegar em B.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta d}{v} \rightarrow \frac{1}{v} \left(\sqrt{x^2 + h_1^2} + \sqrt{(L-x)^2 + h_2^2} \right); \quad (\text{Eq4})$$

A eq 4 do tempo dependendo de x. Pelo princípio de Fermat, o tempo deve tender ao valor mínimo, logo a derivada dela, no ponto crítico, deve ser zero.

$$\Delta t_{(x)} = \frac{1}{v} \left(\sqrt{x^2 + h_1^2} + \sqrt{(L-x)^2 + h_2^2} \right); \quad (\text{Eq5})$$

$$\begin{cases} \Delta t'_{(x)} = 0 \\ \Delta t'_{(x)} = \frac{1}{v} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + h_1^2}} - \frac{L-x}{\sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}} \right); \end{cases} \quad (\text{Eq6})$$

$$\frac{1}{v} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + h_1^2}} - \frac{L-x}{\sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}} \right) = 0; \quad (\text{Eq7})$$

Na eq7 com uma observação simples, podemos afirmar que $\frac{1}{v}$ não pode ser zero, logo o valor da segunda parcela do produto deve zerar, para isso os termos da diferença devem ser iguais.

$$\frac{x}{\sqrt{x^2 + h_1^2}} = \frac{L-x}{\sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}}; \quad (\text{Eq8})$$

Observando a figura 4.b e comparando com a figura 5 podemos afirmar que temos uma igualdade de senos.

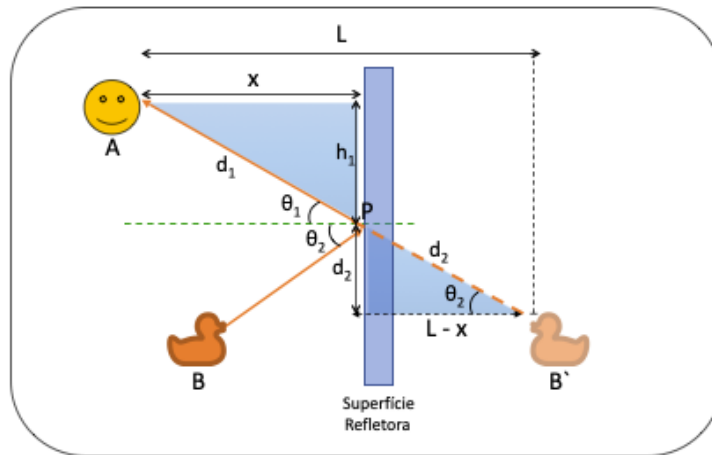


Figura 5 - Separação dos triângulos para identificar os ângulos incidente e refletido.

$$\begin{aligned}\sin(\theta_1) &= \sin(\theta_2) \\ \theta_1 &= \theta_2\end{aligned}\quad (\text{Eq9})$$

Essa afirmação matemática, onde os ângulos de incidência e refletido são iguais, corrobora com a primeira e segunda lei da reflexão onde diz que os seguimentos incidentes, refletido e a reta normal são coplanares e que o ângulo de incidência e refletido devem ser iguais.

Assim, para que a luz gaste o menor tempo possível a mesma deve seguir uma trajetória reta entre os pontos A e B', claro que é refletida em P, seguindo para o ponto B, porém o seguimento PB e PB' da figura 4.b são simétricos a superfície refletora.

3.1.4.2 Luz passando de um meio para outro

Supondo agora que um feixe de luz saia de um ponto A, localizado em um meio 1 e siga para um ponto B localizado em um meio 2. Onde os índices de refração desses meios sejam diferentes. Pode-se representar essa situação no seguinte esquema da figura 6.

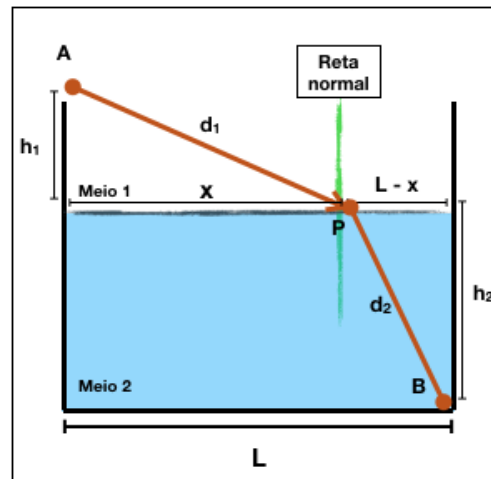


Figura 6 - Esquema de um feixe de luz mudando de um meio menos refringente para um meio mais refringente(ver subsecção 3.1.1).

De forma análoga feita na subsecção 3.1.4.1, temos que AP e PB representa o caminho percorrido pelo feixe de luz:

$$\begin{cases} d_1 = \sqrt{x^2 + h_1^2}; \\ d_2 = \sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}; \end{cases} \quad (\text{Eq10})$$

Note que a eq9 é idêntica a eq2. Como a velocidade da luz é constante em cada meio, o tempo de trajeto em cada meio é distinto, representado da seguinte forma:

$$\begin{cases} v_1 = \frac{d_1}{\Delta t_1} \rightarrow \Delta t_1 = \frac{d_1}{v_1}, \\ v_2 = \frac{d_2}{\Delta t_2} \rightarrow \Delta t_2 = \frac{d_2}{v_2}, \end{cases} \quad (\text{Eq11})$$

O tempo total do trajeto e dado pela soma dos tempos distintos.

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2; \quad (\text{Eq12})$$

$$t = \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2}; \quad (\text{Eq13})$$

$$t_{(x)} = \frac{\sqrt{x^2 + h_1^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}}{v_2}; \quad (\text{Eq14})$$

Usando o índice de refração, eq1 na secção 3.1, e substituindo na eq14 temos:

$$t_{(x)} = \frac{1}{c} \left(n_1 \sqrt{x^2 + h_1^2} + n_2 \sqrt{(L-x)^2 + h_2^2} \right); \quad (\text{Eq15})$$

Pelo princípio de Fermat, o tempo deve tender ao valor mínimo, logo a derivada dela, no ponto crítico, deve ser zero.

$$t'_{(x)} = \frac{1}{c} \left(n_1 \frac{x}{\sqrt{x^2 + h_1^2}} - n_2 \frac{(L-x)}{\sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}} \right) = 0; \quad (\text{Eq16})$$

Analisando os termos a primeira parcela do produto, $\frac{1}{c}$, por mais próximo que seja, não é um termo nulo, logo a segunda parcela do dele ser nula. Para ajudar ver subsecção 3.1.1.

$$n_1 \frac{x}{\sqrt{x^2 + h_1^2}} = n_2 \frac{(L-x)}{\sqrt{(L-x)^2 + h_2^2}}; \quad (\text{Eq17})$$

Fazendo uma análise trigonométrica na Figura 6, similar a feita na secção 3.1.4, temos os senos dos ângulos incidente e refratado, vale reforçar a aplicação da lei dos senos para obtenção da próxima equação.

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2); \quad (\text{Eq18})$$

A eq18 é a lei da refração, conhecida também como a lei de Snell. Ela determina o ângulo refratado de um feixe de luz que passa de um meio para outro.

3.2 Formação de imagem

Para que alguém possa ver um objeto, é preciso que os olhos interceptem alguns dos raios luminosos que partem do objeto, com auxílio do cristalino esses raios são redirecionados para a nossa retina, no fundo do nossos olhos. O sistema visual, não identifica se o raio luminoso é proveniente do objeto, ou é proveniente de uma reflexão

em um espelho (HALLIDAY & WALKER & RESNICK, 2007). Para compreender melhor como uma imagem se forma, vamos conceituar pontos importantes.

3.2.1 Espelhos

Toda superfície que reflete um raio luminoso em uma direção definida, ao em vez de absorvê-lo ou espelha-lo, será denominado como espelhos. O início da subseção 3.1.4.1, a figura 3 representa um tipo de espelho, chamado de espelho plano, pois não tem uma curvatura aparente em sua superfície.

Os espelhos se apresentam de duas formas, os espelhos planos e os esféricos, esses podendo ser de formato côncavo ou convexo, a depender da superfície que reflete. Nesse trabalho os espelhos serão para determinação de conceitos na óptica geométrica, afim de ter uma melhor compreensão do comportamento da luz.

3.2.1.1 Espelhos planos

Um espelho plano é o elemento óptico mais simples (NUSSENZVEIG, 1998). A imagem nele se forma de maneira simétrica ao objeto, sendo invertida de forma horizontal (ver figura 7).

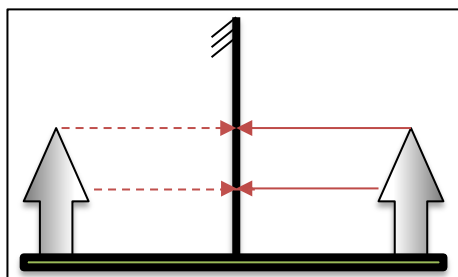


Figura 7 - Objeto diante de um espelho plano.

Nota-se na figura 7 que a imagem formada pelo espelho é invertida horizontalmente, esse fenômeno foi demonstrado na seção 3.1.4.1 na eq8. Pelo fato que os espelhos planos constroem imagens coerentes com os objetos, e sabendo da inversão horizontal, a aplicação do mesmo nos instrumentos se dá pela condução da radiação (no momento vamos ficar apenas com a radiação luminosa)

3.2.1.2 Espelhos esféricos

Os espelhos esféricos tem uma característica de, além de conduzir a luz, eles podem moldar a imagem, aumentando o tamanho da imagem ou o campo de visão, a

depende de qual o tipo de espelho será aplicado (HALLIDAY & WALKER & RESNICK, 2007). Em sua maioria, em pesquisas, usamos o espelho côncavo, porém no cotidiano, usamos mais os espelhos convexos.

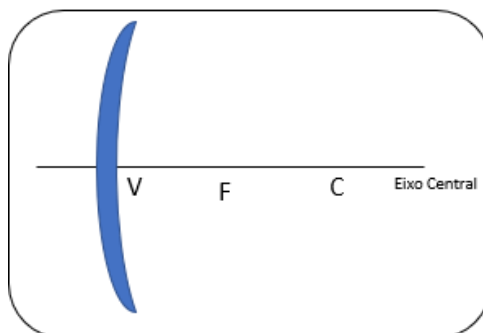


Figura 8 - Principais pontos no espelho Côncavo.

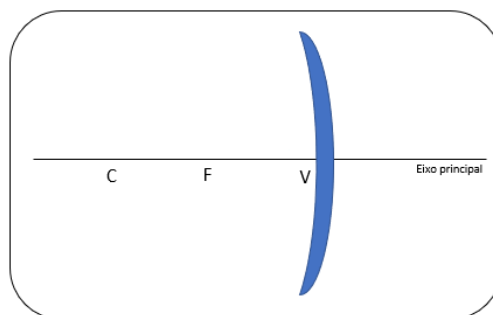


Figura 9 - Principais pontos no espelho Convexo.

Aparentemente iguais, os espelhos côncavos e convexos se diferenciam em: 1º) posição do objeto, no espelho côncavo, fica no mesmo lado do foco do espelho, já no espelho convexo, o foco e o objeto ficam em lados opostos do espelho, assim a medida da distância do objeto e imagem, espelho convexo, tem sinais opostos. 2º) os espelhos côncavos podem gerar tipos de imagens diferentes, dependendo da posição relativa do objeto. Para melhorar essa discussão, observe a equação dos pontos conjugados.

3.2.1.3 A equação dos pontos conjugados

Para compreender como se define a equação os pontos conjugados, primeiro vamos compreender como se forma as imagens nos espelhos esféricos. Quando raios paralelos são refletidos por espelhos côncavos como da figura 10.a, eles são redirecionados para o foco do espelho, porém quando eles se direcionam no vértice do espelho, serão redirecionados de forma angular simétrica com o eixo focal, figura 10.b.

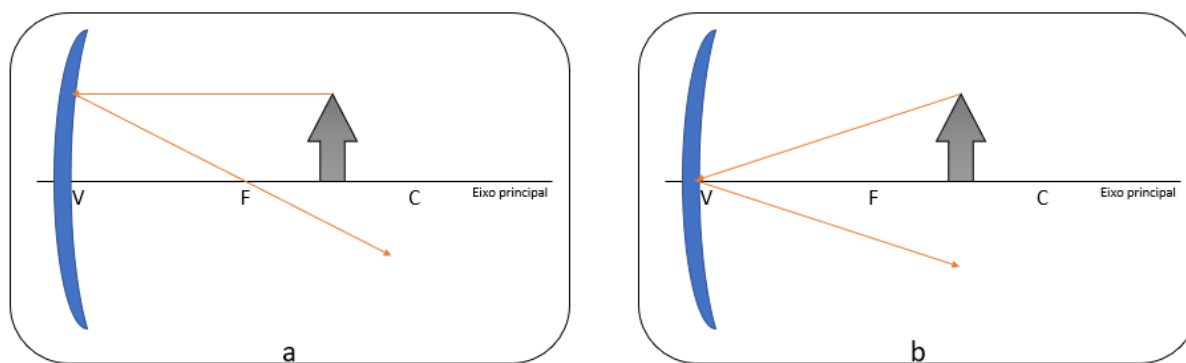


Figura 10 - (a) Feixe de luz paralelo reflete passando pelo foco do espelho. (b) Feixe de luz atingindo o vértice do espelho, reflete seguindo o padrão eq9.

Usando os padrões dos feixes da Figura 10, juntando a 10(a) e 10(b), temos como determinar a formação da imagem em espelhos esféricos.

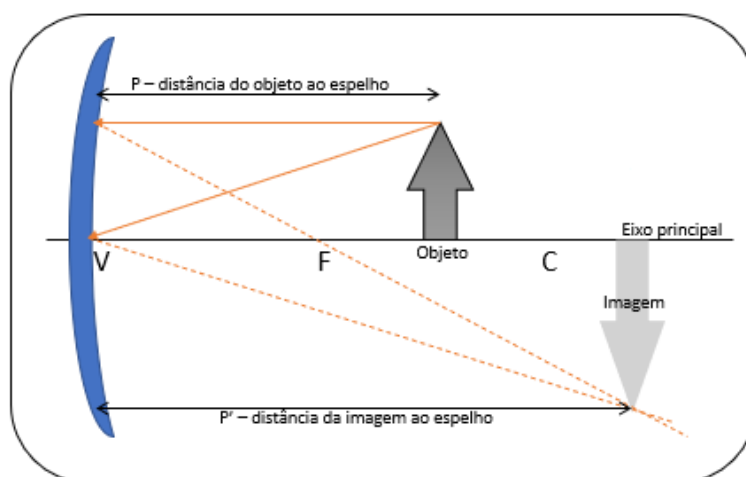


Figura 11 - Formação da imagem com uso dos principais feixes apresentados na Figura 9.

Com uso de geometria Euclidiana (ver secção 3.1), podemos definir figuras geométricas usando os feixes de luz e as medidas das distâncias da imagem e do objeto até o espelho.

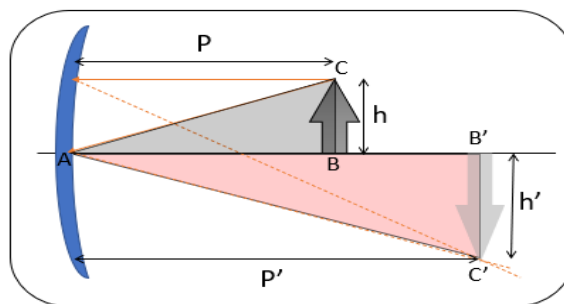


Figura 12 - Formação teórica dos triângulos ABC e AB'C'. Onde h – altura do objeto e h' altura da imagem.

Da figura 12, notamos que os triângulos teóricos são semelhantes, facilmente notado pelo caso de semelhança AAA (ângulo, ângulo, ângulo), não vou estender nos casos de semelhança, porém, deles conseguimos determinar a seguinte proporção:

$$\frac{h}{h'} = \frac{\rho}{\rho'} \quad (\text{Eq19})$$

Apesar da eq19 está coerente com os padrões da geometria, para o caso de formação de imagens, temos que adotar um sentido de orientação positivo e negativo, assim, por padrão, quando uma imagem é formada de forma invertida, consideramos a sua altura como sendo negativa, assim a eq19, com a correção da orientação, fica:

$$A = \frac{h}{h'} = \frac{-\rho}{\rho'} \quad (\text{Eq20})$$

A eq20 é denominada de aumento linear da formação de imagem (A), esse aumento não ocorre apenas em espelhos, posteriormente veremos em outros objetos. Usando a figura 11 como um modelo, podemos determinar outras imagens, onde teremos também semelhança de triângulos. Usando as semelhanças podemos determinar o aumento linear como:

$$A = \frac{\rho' - f}{f} \quad (\text{Eq21})$$

Unindo a eq21 e eq20, chegamos na equação dos pontos conjugados, que a partir dela podemos determinar a posição da imagem formada por um espelho esférico, sabendo alguns princípios como a posição do objeto e o foco do espelho.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho'} \quad (\text{Eq22})$$

Mais a frente iremos definir a equação dos pontos conjugados usando lentes.

3.2.2 Lentes

Uma lente é uma perturbação localizada na trajetória da radiação (ver entrevista com prof. Dr. Cid Araujo no ANEXO III). Para uma radiação eletromagnética, podemos fazer uma perturbação usando materiais com índice de refração distintos. Assim uma lente é um corpo transparente limitado por duas superfícies refratores onde os eixos principais de cada uma coincide. Quando um raio de luz incide em uma lente, ele segue o padrão da subsecção 3.1.4.2 onde a sua trajetória dependerá do ângulo de incidência na lente. Supondo um conjunto de raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central de uma lente convergente incidindo na face refratora esquerda da lente, o conjunto é desviado pela lente e converge para o ponto focal no lado da face refratora direita da lente (ver figura 13.a). Supondo que seja trocada a lente que intercepta esse conjunto de raios

por uma lente divergente, os raios divergem ao passar por essa nova lente . Os prolongamentos dos raios divergentes passam por um ponto focal localizado a esquerda da lente (ver figura 13.b) (HALLIDAY & WALKER & RESNICK, 2007).

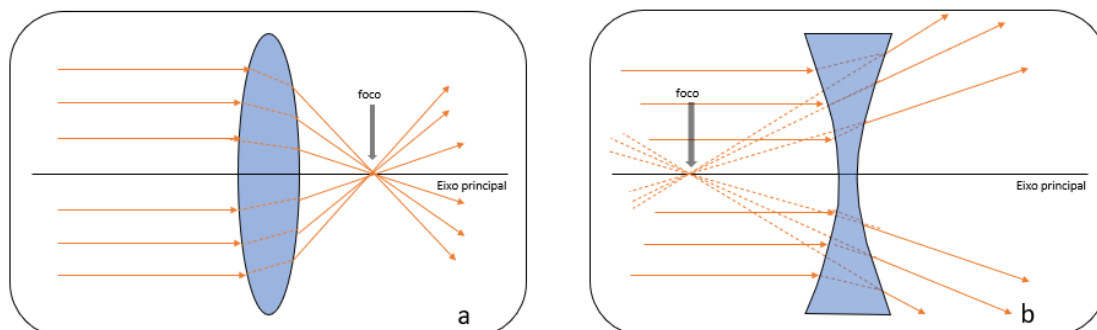


Figura 13 - (a) Raios luminosos inserindo paralelos ao eixo principal em uma lente convergente, sendo desviados para um dos focos principais. (b) Raios luminosos inserindo paralelos ao eixo principal em uma lente divergente, sendo desviados para um dos focos principais.

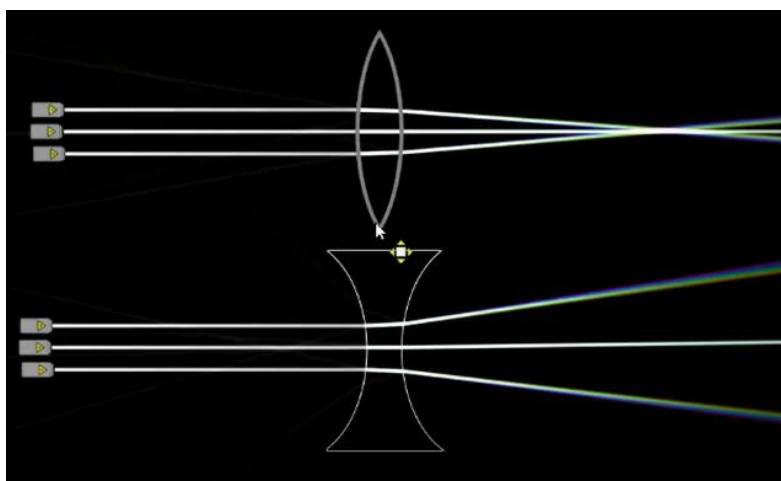


Figura 14 - Simulação no AlgoDoo dos raios de luz incidentes nas lentes convergente (cima) e divergente.

Notamos na figura 13 e 14 a trajetória da luz e, em tipos de lentes específicos, podemos inferir o estudo da formação da imagem usando a lente da figura 13.a como padrão de estudo.

3.2.2.1 A equação dos pontos conjugados

Na subsecção 3.2.1.3 foi apresentada a equação dos pontos conjugados aplicada a espelhos, a eq 22. Porém será nessa secção que será desenvolvido os passos para definir a equação, também conhecida como equação de Gauss, pois foi o matemático que a desenvolveu. Sendo ela que fornece a posição e altura da imagem, a mesma equação é

aplicada a espelhos e lentes. Suponha um objeto afastado do ponto focal 'F' de uma lente convergente (ver figura 15). Os dois raios desenhados na figura mostram que a lente forma uma imagem real e invertida do objeto, no lado oposto. A imagem é chamada de real por ser formada pelos próprios raios de luz, e não por um prolongamento dos raios de luz. As imagens virtuais produzidas por lentes ficam do mesmo lado que o objeto e as imagens reais ficam do lado oposto. (HALLIDAY & WALKER & RESNICK, 2007. p 49)

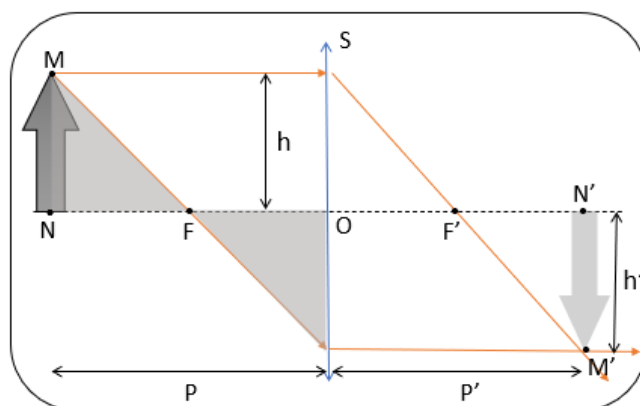


Figura 15 - Formação teórica dos triângulos MNF e FM'N'. Onde h é altura do objeto e h' altura da imagem e p é a distância do objeto até a lente e p' a distância da imagem até a lente.

Pela figura 15, supondo que temos um objeto **MN** colocado diante de uma lente esférica convergente, uma distância p . A imagem produzida por essa lente é definida fazendo uso de apenas dois raios de luz que saem do objeto, ficando a uma distância p' da lente. Nota-se que a formação da imagem acontece exatamente no ponto de intercessão entre os raios de luz.

Assim pode ser observado dois triângulos (em destaque na figura 12). Tomando como bases matemáticas a semelhança de triângulos da figura acima, podemos relacionar as abscissas p e p' , do objeto e da imagem, com distância focal f (distância de F até O) da lente. Sendo assim, temos:

$$\frac{MN}{NF} = \frac{M'N'}{OF} \rightarrow \frac{h}{p-f} = \frac{-h'}{f} \rightarrow \frac{f}{p-f} = \frac{-h'}{h}; \quad (\text{Eq23})$$

Juntando a eq 23 e a eq 20, chegamos novamente na eq 22. Assim nota-se que o a equação dos pontos conjugados rege a formação de imagem em superfície refratores e refletoras.

3.2.2.2 A equação dos fabricantes de lentes

Edmond Halley teve grande participação no desenvolvimento da óptica e da astronomia, determinando a equação que é usada na fabricação de lentes e da vergência da lente. Para isso, observe a figura 17, onde temos a imagem de um raio passando por uma lente espessa de comprimento L , cuja as superfícies refratoras esquerda e direita possuem raios R_1 e R_2 , respectivamente. Um objeto pontual O é colocado no sobre o eixo central nas proximidades da superfície refratora esquerda. Um raio proveniente de O com a direção do eixo central não sofre nenhum desvio ao entrar ou sair da lente. Um segundo raio, fazendo um ângulo qualquer diferente de zero com a superfície refratora, tendo o comportamento descrito na figura 16.(HALLIDAY & WALKER & RESNICK, 2007. p 57)

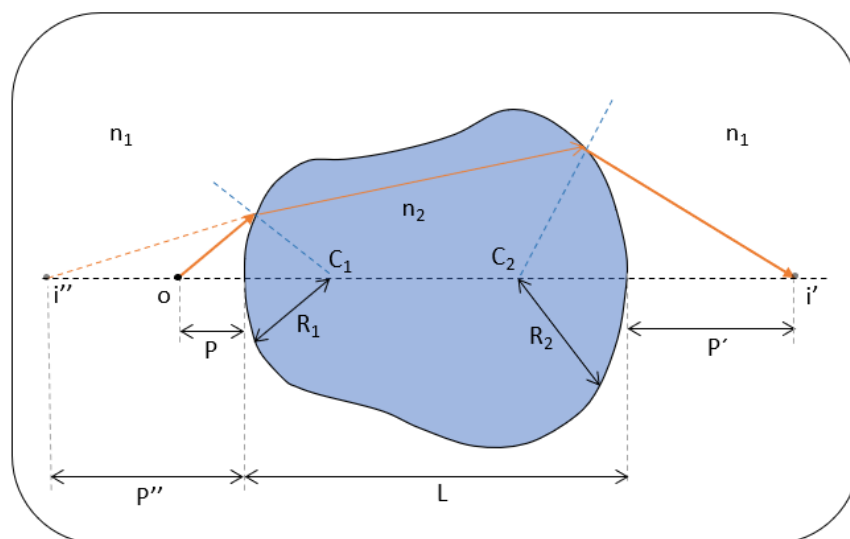


Figura 16 - Lente espessa, formada por dois dióptros esféricos.

Ao material da lente atribuiremos um índice de refração n_2 e consideraremos que os índices de refração dos meios situados em ambos os lados da lente são iguais, valendo n_1 . A primeira superfície forma uma imagem virtual (prolongamento para trás do raio refratado) e, portanto, $p'' < 0$. A aplicação da equação dos dióptros esféricos ao primeiro deles, fornece:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{-|p''|} = \frac{n_2 - n_1}{R_1}; \quad (\text{Eq24})$$

A imagem virtual formada funciona como objeto real para a segunda superfície, portanto:

$$\frac{n_2}{|p''| + L} + \frac{n_1}{p'} = \frac{n_1 - n_2}{R_2}; \quad (\text{Eq25})$$

Para uma lente delgada, L tende a zero. Fazendo isso e somando membro a membro as duas equações, obtemos:

$$\frac{n_1}{\rho} + \frac{n_1}{\rho'} = (n_2 - n_1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (\text{Eq26})$$

Normalmente a lente está imersa no ar, para o qual podemos tomar $n_1 = 1$, e indicaremos apenas por n o índice refração do material da lente. A equação das lentes delgadas assume então a forma denominada formula dos fabricantes de lentes:

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho'} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right); \quad (\text{Eq27})$$

Aqui na eq 27, temos duas possibilidades de análise, a primeira é comparando com eq 22, da secção 3.2.1.3, corroborada com a secção 3.2.2.2 e chegamos na definição da vergência da lente:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right); \quad (\text{Eq28})$$

A outra forma de interpretação cabível para a eq 27, é tomando um objeto “no infinito”, assim os feixes incidentes de luz ficam com trajetória paralela, assim teremos:

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} = 0 \text{ e } \rho' \rightarrow f; \quad (\text{Eq29})$$

Comparando a eq 29 com a eq 27, teremos a eq 28, novamente. Essa mesma informação é obtida com a eq 29, corrobora com a teoria da figura 13 e assim é reafirmado que a equação de Gauss pode ser aplicada em espelhos e em lentes.

3.2.2.3 Aumento transversal

Na figura 15 também podemos determinar uma expressão para o aumento transversal (ou ampliação linear), tomando-se como medidas positivas as orientações para cima, vale lembrar que todos os cálculos determinados para lentes convergentes podem ser aplicados para lentes divergentes. Usando dos mesmos triângulos em destaques, fazendo a semelhança similar a da sub-secção 3.2.2.1, obteremos a relação do aumento linear(k) de uma lente:

$$k = \frac{h'}{h} = -\frac{\rho'}{\rho}; \quad (\text{Eq30})$$

Uma outra semelhança possível usando outros triângulos, vale inserir aqui que o ponto de encontro entre o feixe saindo de M , passando por F e chegando na lente S é o ponto 1 e o feixe que sai de M seguindo direto para a lente S é o ponto 2, assim podemos visualizar os triângulos MNF e OF_1 , $M'N'F'$ e OF'_2 . Denominando de x a medida MF e x' a medida de $N'F'$, temos:

$$\frac{h}{x} = -\frac{h'}{f}, \frac{h'}{x'} = \frac{h}{f}; \quad (\text{Eq31})$$

Comparando as eq 31 com a eq 30, chegamos na seguinte conclusão.

$$k = \frac{h'}{h} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f}; \quad (\text{Eq32})$$

Assim chegamos na equação das lentes delgadas proposta por Newton

$$xx' = f^2; \quad (\text{Eq33})$$

4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1 Contexto histórico da óptica geométrica

“Faz também a bacia de bronze, com o seu suporte de bronze, dos espelhos das mulheres que se reuniam para ministrar à porta da tenda da congregação” Êxodo 38:8.

O capítulo 38 do livro de Êxodo, trata da construção do Tabernáculo. Dentro dos elementos do Tabernáculo, a bacia de bronze que ficava em uma área chama Átrio. Antes do sacerdote entrar no Santo dos Santos, o mesmo deveria se lavar. Para a construção do Tabernáculo, o povo de Israel doa material. As mulheres de Israel dão os espelhos, que eram de bronze, que receberam das egípcias. Na primeira carta aos coríntios, capítulo 13, a escritura sagrada novamente remete aos espelhos de bronze, referindo ao fato que as imagens feitas pelos espelhos não eram nítidas.

Sabemos que os primeiros espelhos eram feitos de cobre polido, bronze e depois de outras ligas metálicas afim de ter uma imagem mais nítida. Alguns exemplares mais antigos que temos de espelhos são do Egito, um espelho em perfeito estado foi encontrado na 1ª pirâmide de Sesostris II (1900 a.C). Os filósofos gregos já idealizavam sobre a natureza da luz, já se idealizava a propagação retilínea dela assim como a da reflexão, anunciada por Euclides (300 a.C). Os estudos de Euclides sobre a geometria da visão encadearam no que chamamos atualmente de óptica geométrica.

4.1.1 *Euclides*

Não se sabe muito sobre a vida e morte de Euclides, porém obras atribuídas a ele o torna um dos pilares da Geometria. A principal delas é Os Elementos, sendo um dos principais livros para o ensino da matemática. Nessa obra Euclides desenvolve o que chamamos de geometria Euclidiana, usando pequenos conjuntos de axiomas. A obra completa é composta por treze volumes, desses, cinco tratam de geometria.

Euclides, fundamentado nas análises geométricas, dissertou sobre a natureza da luz e óptica da visão. A análise geométrica da visão elaborada por Euclides supõe uma teoria física mínima acerca da operação da visão e funda-se na redução da visão a um modelo geométrico, no qual o campo visual é tomado como uma coleção, ou agregado, de “raios visuais” concebidos como linhas retas geométricas discretas e divergentes. Para Euclides, esse agregado de “raios visuais” divergentes tinha origem nos olhos e iam de

encontro aos objetos que se via. Esse cone formado pelos raios será chamado de “cone visual”, similar a representação das luzes que saem de uma lanterna em animações.

Durante o império Romano, se escreveu bastante sobre óptica, sobre “espelho queimador” (espelhos esféricos) e sobre lentes, mesmo não usando esses nomes. Com a queda do Império (475 d.C), e o início da Idade Média, as produções científicas ficaram baixas na Europa, assim os principais avanços na óptica vieram das terras do Mediterrâneo, nos domínios dos árabes, dentre eles o principal foi Alhazen (1000 d.C).

4.1.2 Alhazen

Alhazen é um pensador islâmico que foi homenageado em 2015 no “Ano Internacional da Luz”, há cerca de 1000 anos teria escrito o “Livro da Óptica”, onde propôs que a visão se dá através da luz e das cores que se espalham em linha reta, para todos os lados, a partir de cada ponto da superfície dos objetos, e atingem o olho, nele produzindo uma réplica bidimensional que percebemos. Apesar de se aproximar das teorias atuais, Alhazen não é aceito hoje em dia, porém a importância dos seus estudos é inegável.

Alhazen manteve praticamente a mesma descrição do olho que havia sido apresentada por Galeno⁶ e outros autores; supunha que a parte sensível do olho era o cristalino. Este, sendo transparente, pode receber as formas; no entanto, como é denso, as formas não passam livremente por ele. Assim, as formas (luz e cor) se fixam na sua superfície; então, o cristalino a percebe e essa sensação é sentida pela pessoa, porém foi contra as ideias da teoria da emissão, onde olho emite alguma radiação nos objetos, para esses serem enxergados.

Segundo Alhazen, cada ponto de um corpo visível irradia luz e cor para todas as direções, seguindo linhas retas. Isso, no entanto, cria um problema para sua teoria de visão. Toda a superfície do cristalino recebe luz e cor de cada um dos pontos dos objetos que estão diante dele. Então, como pode ser percebida uma imagem nítida?

Alhazen resolveu isso simplesmente falando que apenas os raios perpendiculares que eram “lidos” pelo olho. Hoje sabemos que esse problema é resolvido no fato que o cristalino é uma lente.

⁶ Galeno (século II d.C.) adotou uma teoria de emissão. Supôs que o poder vital (*pneuma*, em grego) visual seria enviado do cérebro, através dos nervos ópticos, até os olhos; sairia então e produziria uma alteração no ar, mas não iria até longe; o efeito produzido pelo *pneuma* seria transmitido até grandes distâncias pelo ar, quando este está iluminado, até atingir o corpo colorido e captar suas propriedades.

Não foi só Alhazen que desenvolveu discussões e teorias a respeito da luz e da capacidade do homem de ver, em terras árabicas. Um contemporâneo, Avicenna, um seguidor de Aristoteles, criticou bastante os filósofos que acreditavam nas teorias de emissão (como Euclides). Um dos argumentos mais fortes questionava como é possível o olho, órgão tão pequeno, conseguir gerar emissão de alguma radiação possibilitando ver as estrelas.

Além desses dois grandes pensadores do mundo islâmico houveram outros que contribuíram para a óptica, principalmente para a compreensão de visão, como Averroes. O livro de Alhazen foi traduzido para o Latim, sendo mais difundido na Europa, inspirando muitos autores, como Roger Bacon, Erazmus Witelo, John Pecham e outros. Embora nem todos aceitassem integralmente suas ideias, nesse período da Idade Média a Óptica começou a ser tratada como o estudo das propriedades da luz.

Foi Johannes Kepler quem, no início do século XVII, realizou uma nova revolução no que se refere ao processo visual. Ele aceitou que cada ponto dos objetos visíveis emite luz e cor para todos os lados. Afirmando que a luz e a cor se propagam em linha reta, atingindo o olho e produzindo a visão. Mas negou que o cristalino fosse a parte sensível do olho, defendendo que esse papel era desempenhado pela retina; e abandonou a ideia de formação de uma réplica dos objetos no cristalino, substituindo-a pela de formação de uma imagem na retina, pelo cristalino, que atua como uma lente. Atualmente aceitamos, em grande parte, a interpretação de Kepler; mas o trabalho de Alhazen foi um passo muito importante para a compreensão do processo de visão.

4.2 O confinamento da luz

Compreendendo que a luz pode trafegar entre meios transparentes, ocorrendo o efeito da refração quando troca de meio onde se propaga. Experimentalmente, verificou-se que existem uma porcentagem da luz que é refletida e outra refratada, essa porcentagem depende do ângulo de incidência. Vamos considerar que um raio luminoso incida a interface de tal forma que 100% dele segue pela interface (ver figura 17) (NUSSENZVEIG, 1998).

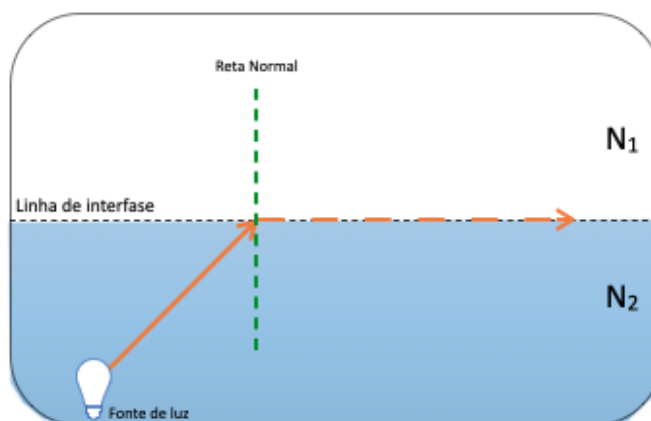


Figura 17 - Luz ficando confinada em um líquido

Tomando a eq18, obtida na secção 2.1, podemos demonstrar o fenômeno ocorrido na figura 16. Nota-se que o ângulo refratado é igual a 90° , assim temos:

$$\begin{aligned} n_1 \sin(90^\circ) &= n_2 \sin(\theta_2); \\ n_1 \cdot 1 &= n_2 \sin(\theta_2); \\ \sin(\theta_2) &= \frac{n_1}{n_2}; \end{aligned} \quad (\text{Eq34})$$

Note que na eq34 temos uma certa condição de existência, onde o quociente não pode superar o valor 1. Logo o valor de n_2 deve ser maior que n_1 , respeitando assim a condição do seno. Em uma análise matemática, conclui-se que caso o valor da razão seja superior a um limite, o raio de luz vai sofrer uma reflexão, ficando confinado no meio de propagação original. (condição apresentada na figura 18). (NUSSENZVEIG, 1998).

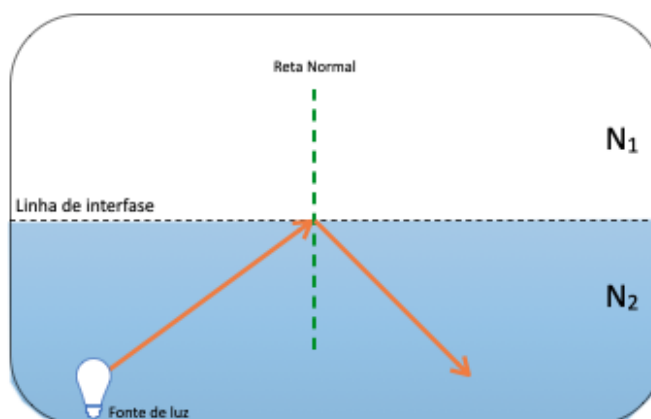


Figura 18 - Luz sofrendo refração total

Para um raio de luz ficar confinado em um meio, a origem da luz deve ser em um meio com maior refração e o observador em um meio com menor refração.



Imagem 1 - Luz confinada em um líquido

Esse fenômeno é bem observado na Imagem 1, onde pode-se ver o brinquedo verde, mesmo nos posicionando de forma a ver a parte superior do reservatório. Assim temos como confinar a luz e uma trajetória, para conduzir a mesma em um percurso pré estabelecido.

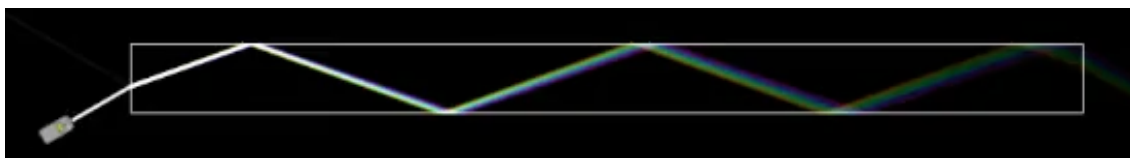


Figura 19 - Simulação feita no Algodoo da luz confinada

Compreendendo como o fenômeno se dá, podemos replicar em experimento, criando um filamento de água afim de confinar a luz durante todo o percurso da água.



Imagem 2 - Luz confinada em um filamento de água.

4.3 A construção de uma lente

Uma lente é um corpo transparente limitado por duas superfícies refratoras cujos eixos centrais coincidem. Juntando essa informação com a definição da sub-seção 3.2.2, podemos idealizar um corpo que se comporte como uma lente, sendo uma perturbação no meio de propagação da luz. A proposta é construir uma lente segundo os padrões da figura 13.a, uma lente convergente.

Usando a água como um meio de perturbação, uma vez que a mesma reduz a velocidade da luz, já que o índice de refração da água é $\frac{4}{3}$, e, por definição da sub-seção 3.1.1, o índice de refração é um razão, essas informações corroboram com o dado que na água a luz se propaga mais devagar. Então para construir uma lente confina-se a água em uma estrutura similar a da figura 13.a.

Para reduzir os efeitos de deformação óptica, o material usado para confinar a água deve ser transparente, assim o mesmo se comportara como uma lâmina de faces paralelas, para uma espessura infinitamente pequena (comparando ao raio da lente), mantendo o paralelismo dos raios incidentes. O comportamento do raio está representado na figura 20

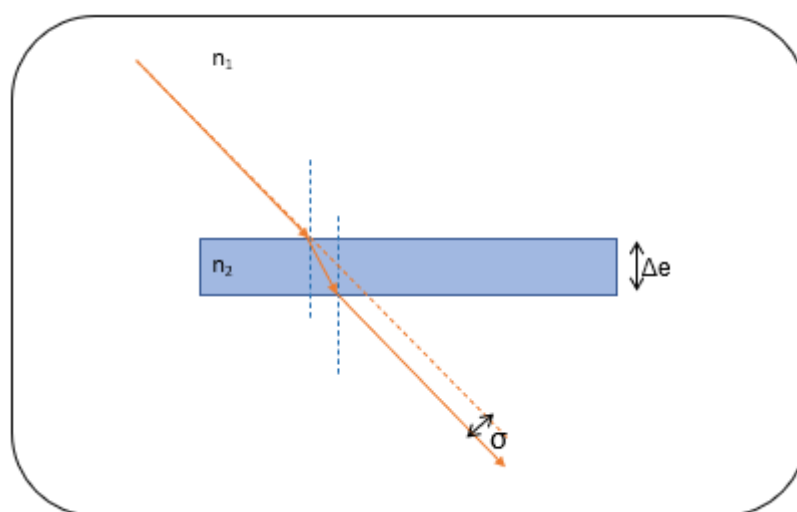


Figura 20 - Desvio (σ) sofrido por um raio de luz em uma lâmina de faces paralelas com uma espessura (Δe) infinitesimal.

Uma lâmina de faces paralelas é um corpo de material transparente, que possui duas faces paralelas. Um exemplo é uma lâmina de vidro (índice de refração n_2) imersa no ar (índice de refração n_1). Uma lâmina de faces paralelas é definida como um sistema constituído de dois dióptros planos cujas superfícies são paralelas. Quando esta lâmina

está imersa em um meio homogêneo e transparente, o raio de luz incidente nela, e o respectivo raio de luz emergente dela são paralelos entre si, pois sofrem duas refrações que provocam variações exatamente opostas, como demonstrado na figura 21.

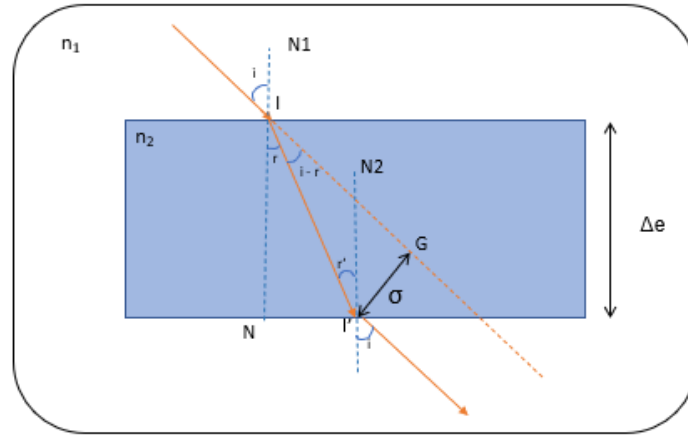


Figura 21 - Desvio de um raio de luz em uma lâmina de faces paralelas qualquer..

Para determinar o desvio sofrido pelo raio, usando a figura 21, o cálculo de σ em função de (i) , (r) e (Δe) , consideramos os triângulos IGI' e INI' :

$$\text{Para o triângulo } IGI': \quad \sin(i - r) = \frac{\sigma}{II'}; \quad (\text{Eq35})$$

$$\text{Para o triângulo } INI': \quad \cos(r) = \frac{\Delta e}{II'}; \quad (\text{Eq36})$$

Fazendo a divisão de da eq35 pela eq36, obtemos:

$$\frac{\sin(i-r)}{\cos(r)} = \frac{\sigma}{\Delta e}; \quad (\text{Eq37})$$

Assim temos como definir o desvio sofrido pelo raio de luz, que é determinado por:

$$\sigma = \Delta e \cdot \frac{\sin(i-r)}{\cos(r)}; \quad (\text{Eq38})$$

Nota-se que quanto menor o valor da espessura, menos será o desvio sofrido pela luz. Logo, para a construção de um recipiente que represar a água, torna-se necessário o

mas fino possível, transparente e curvado. Para esse fim usa-se uma garrafa de material PET.



Imagem 3 - Garrafa PET(plástico fino) com a marcação do molde da lente.

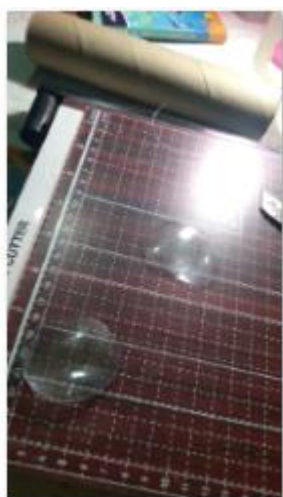


Imagem 4 - (1) Cortes das faces da lente. (2) Lente montada e preenchida com água.
Imagens registradas pelos alunos.

Na imagem 4.2 já é possível perceber que a lente está fazendo uma ampliação da imagem, como esperado de uma lente convergente.

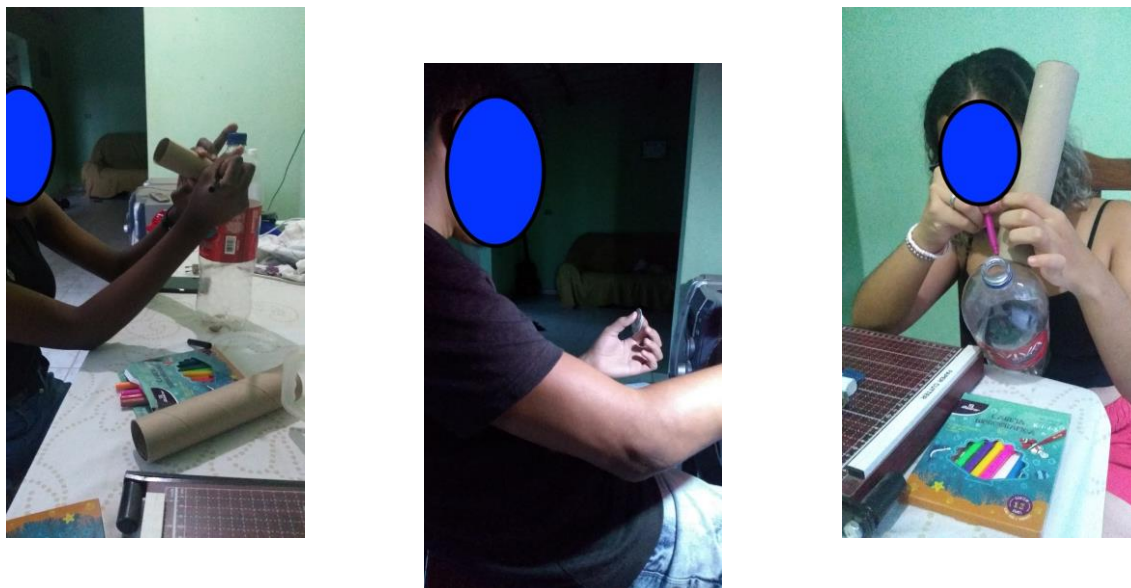


Imagem 5 - Sequencia de registros feitos pelos alunos confeccionando a lente.

4.4 A primeira aplicação na biologia

A principal forma de estudar lentes, construindo de forma significativa o conhecimento, é aplicando-a em assuntos conhecidos dos estudante. Logo o estudo do funcionamento do olho e das razões para o uso do óculos, em partes, pode ser esclarecido com o estudo das lentes.

As principais partes do olho são o cristalino, ligado a uma lente convergente, a pupila, que ajusta o foco do cristalino e a retina, que seria onde a imagem deve-se formar. Assim o funcionamento do olho humano pode ser correlacionado a uma câmara escura.

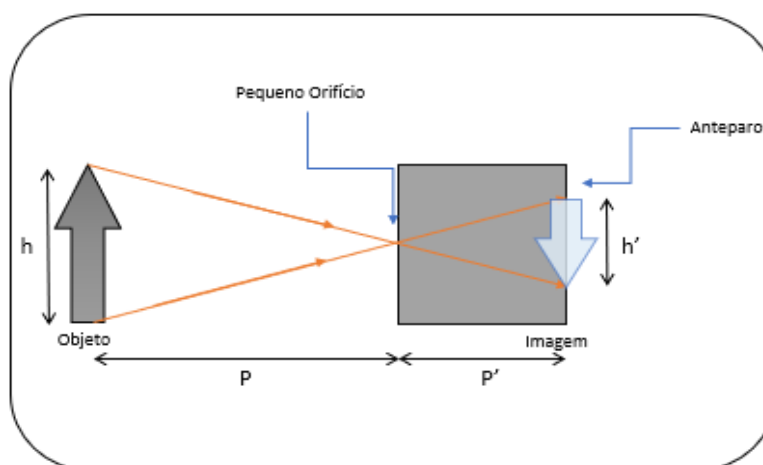


Figura 22 - Formação de imagem em uma câmara escura.

De forma direta, aplicando a semelhança de triângulos aparentes da figura 22, onde a distância do objeto e imagem até o orifício são as alturas de cada triângulo e as alturas da imagem e objeto são as bases do seu respectivo triângulo, podemos definir:

$$\frac{h}{\rho} = \frac{h'}{\rho'} \quad (\text{Eq39})$$

A compreensão de como uma imagem se forma em uma câmera escura é o princípio para compreender os principais problemas de vista, miopia e hipermetropia. Causadores de desfoques das imagens nos olhos. Para melhor fixar a relação de formação de imagem da câmera com o olho, podemos adaptar uma câmera escura para ter os mesmos elementos de um olho.

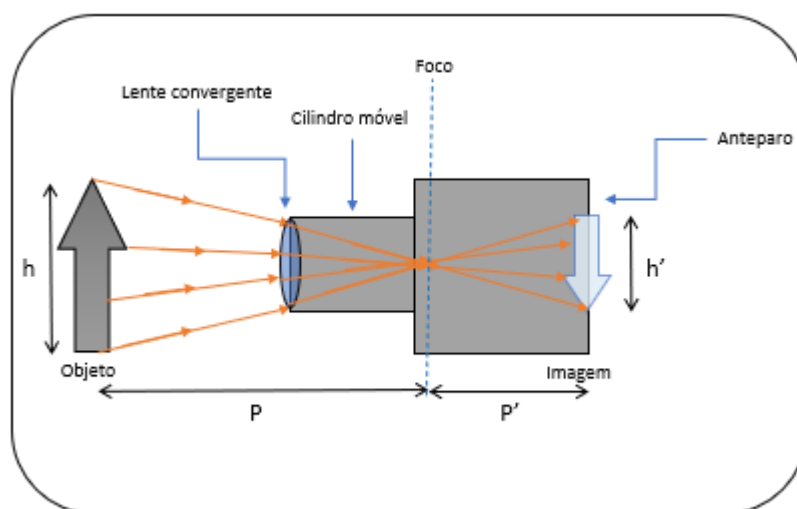


Figura 23 - Formação de imagem em uma câmera escura usando lente.

Note que com o uso da lente, a absorção de luz é bem maior que com um orifício. Nesse modelo, como a lente redireciona todos os raios de luz para o foco, ele faz o papel do orifício da figura 21, geometricamente não muda, logo a eq 39 pode ser aplicada aqui para determinar a formação da imagem.

Outra diferença dos projetos das figuras 22 e 23, é o cilindro móvel, uma vez que com ele é possível alterar a posição relativa do foco para o anteparo (ρ'), assim ajustar a formação da imagem. Note que a lente faz o papel do cristalino, o cilindro, o papel da pupila e o anteparo, o papel da retina.



Imagem 6 - Câmera escura feita pelos alunos. Imagem registrada pelos alunos.



Imagem 7 - Sequência de registros dos alunos confeccionando a câmera escura com uso de uma lente convergente.

Chamaremos o projeto da figura 23 e imagem 6 (execução do projeto) de olho artificial. Agora que é compreendido como uma imagem é formada no olho, iniciamos os principais problemas de vista, e qual tipo de lente pode ser usada para corrigir, veja a figura 24.

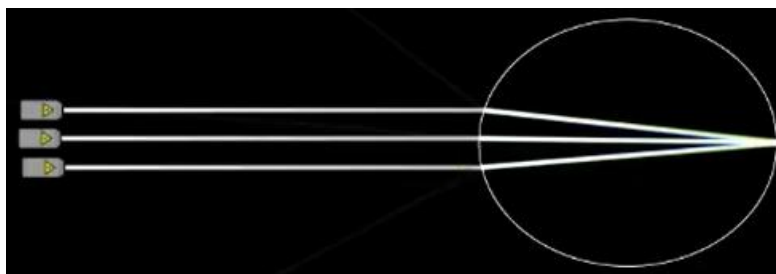


Figura 24 - Simulação no AlgoDoo do olho sem erro na formação da imagem.

Na figura 24 nota-se como é o funcionamento do olho, bem similar ao projeto da figura 23, observa-se no trajeto da luz.

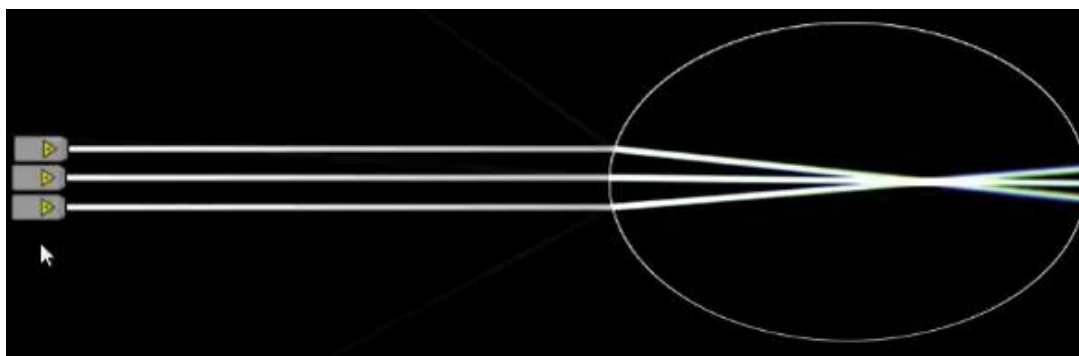


Figura 25 - Simulação no AlgoDoo condição de um olho com miopia.

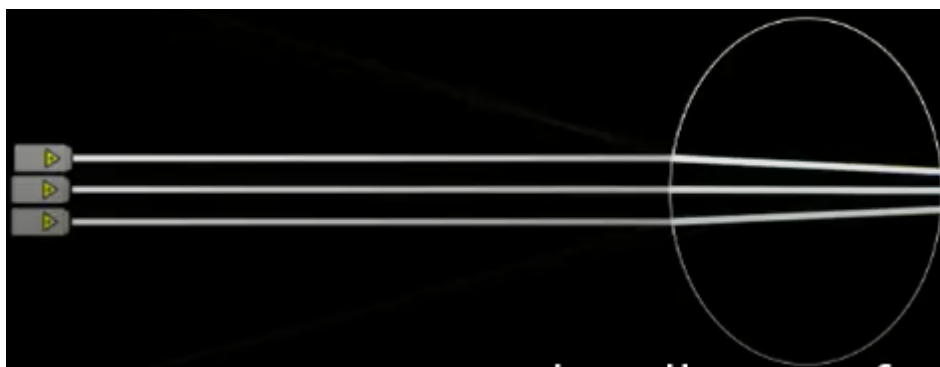


Figura 26 - Simulação no AlgoDoo condição de um olho com hipermetropia.

Comparando as figuras 24, 25 e 26, vemos que para um olho míope, a formação da imagem se dá antes da retina e no hipermetrope a formação se dá depois da retina.

Assim o uso de lentes esféricas é usado de forma associativa, para gerar uma correção na posição do foco.

Para a correção podemos usar uma associação de lentes separadas (no caso dos óculos) ou justapostas (no caso de lente de contato). Para o estudo desenvolvido, vamos usar a associação separada, uma vez que foi usado óculos como objeto de correção da visão, e por ser um objeto mais próximo dos alunos, facilita na compreensão do conteúdo.

Quando duas lentes são associadas de forma separada, utiliza-se uma generalização do teorema das vergências (eq 28 na sub-seção 3.2.2.2) para definir uma lente equivalente, ver a figura 27:

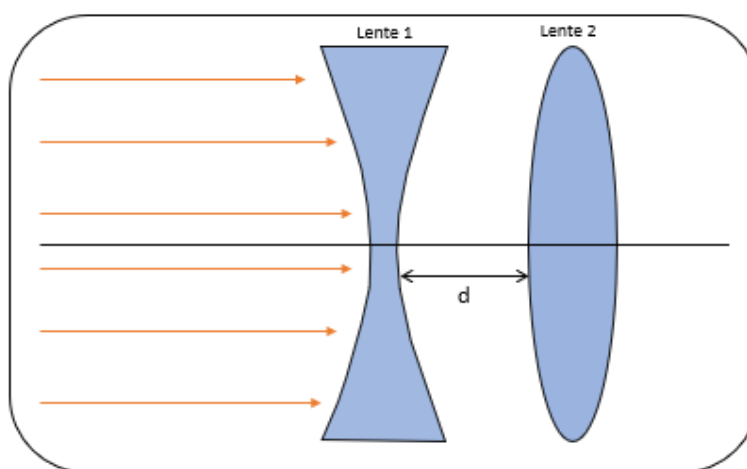


Figura 27 - Superposição de lentes.

A generalização do teorema diz que a vergência da lente equivalente à tal associação é igual a soma algébrica das vergência dos componentes menos o produto dessas vergência pela distância que separa as lentes. Desta forma:

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}; \quad (\text{Eq40})$$

Para corrigir as situações das figuras 25 e 26, temos os casos das figuras 29 e 30.

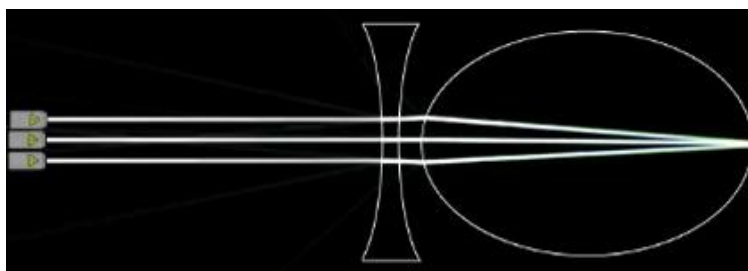


Figura 28 - Simulação no AlgoDoo condição de correção da miopia. (lentes separadas)

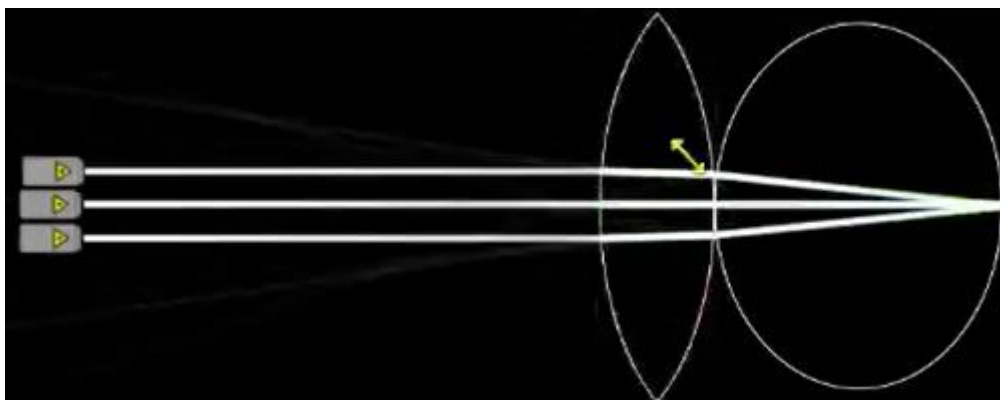


Figura 29 - Simulação no Algodoo condição de correção da hipermetropia (lentes justapostas).

4.5 A segunda aplicação na biologia

No Módulo II da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que trata da segurança de controle de qualidade no laboratório de microbiologia clínica, um laboratório microbiológico, para funcionar, necessita de um sistema de descarte de material biológico e também de um responsável técnico. Nesse caso, o cultivo de microrganismos em escolas pode por vezes ser perigoso e inviável. Entretanto, a partir da aplicação de método simples, torna-se possível identificar a existência de atividade microbiana sem riscos adicionais para a comunidade escolar e sem a se opor à legislação vigente.



Imagem 8 - Método aplicado para visualização de microrganismos. Em primeiro plano tem o suporte da seringa com o apontador LASER e no segundo plano a projeção das sombras.

Começando com a invenção do primeiro microscópio, os humanos ficaram fascinados com a observação da vida microscópica. Em seu sobressalente tempo, o holandês Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) fez seu próprio microscópio de lente

única, usando uma pequena esfera de vidro, desenhando assim a primeira bactéria em 1683. O modelo adaptado usado é um microscópio de lente única, porém usamos uma gota d'água no lugar do vidro, ver imagem 8.

O processo é simples, colocamos uma gota d'água com animais do reino protista. No caso da aula, usamos água parada e comparamos com a água de mineral, com esse método é possível observar animais de média 0,2 e 0,5 mm de tamanho (muito pequenos), que se movem na água. Usando o suporte feito com peça de Lego® (ver imagem 8) para manter a seringa fixa e alinhada com a nossa fonte de luz (um apontador laser). Para “criar” a lente, empurre, com cuidado, o pistão da seringa, até formar uma gota (certa de 2 mm de diâmetro).

A compreensão de como funciona o projetor constituído de gota d'água e um apontador laser é simples, uma vez compreendido como se forma uma imagem. A gota da seringa não é uma esfera perfeita, podendo ser tratada como uma lente. A luz que incide sobre a gota, refrata em ambas as interfaces (água-ar).

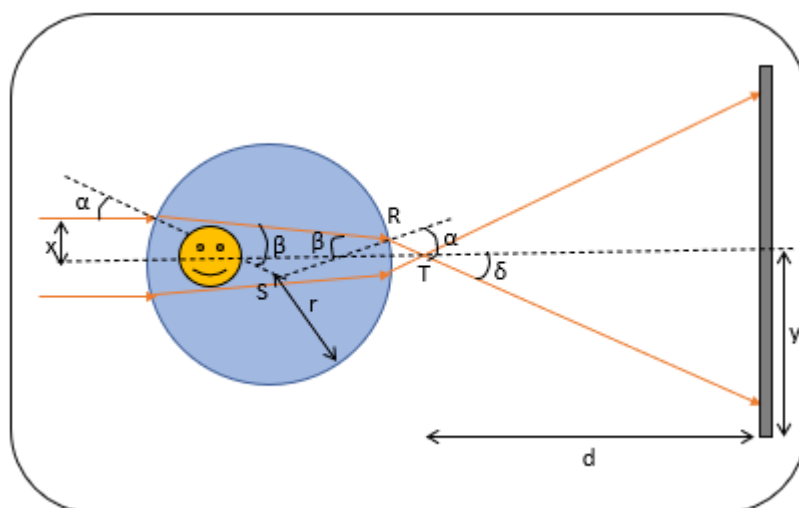


Figura 30 - Caminho da luz no projetor de gota d'água.

Como mostrado na figura 30 o raio refrata duas vezes antes de chegar no anteparo. Com aplicação da eq 18 em cada interface e da semelhança de triângulo similar as aplicadas durante a secção 2.2. Podemos afirmar que é gerada uma sombra com cerca de 1 000 vezes o tamanho do protozoário. (GORAZD, 2019)

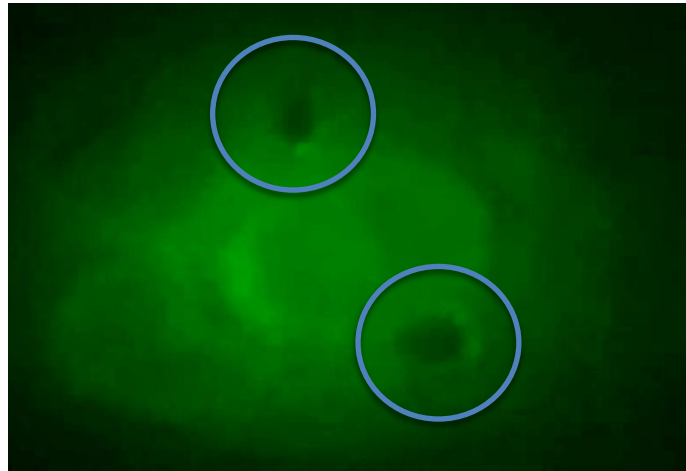


Imagem 9 - Sombras de protozoários destacadas vistas pela projeção do projeto da imagem 8.

5 METODOLOGIA

5.1 Sequência didática

“É possível ensinar qualquer assunto, de maneira intelectualmente correta, a qualquer criança em qualquer estágio do desenvolvimento”. (BRUNER, 1973. P 31)

A sequência didática é uma estratégia educacional que busca ajudar os alunos a resolverem uma ou mais dificuldades reais sobre um tema específico. Seu resultado vem a partir da construção e acumulação de conhecimento sobre o assunto em questão, obtido por meio do planejamento e execução, ao longo de um período de tempo, com várias atividades que conversam entre si, realizada em encontros previamente combinados onde os alunos saberão o que será estudado e desenvolvido em cada encontro de forma prévia, assim como o objetivo de cada um dos encontros e o objetivo da sequência didática como um todo.

O diferencial da sequência didática enquanto estratégia de melhoria do aprendizado dos estudantes é que as atividades são elaboradas e desenvolvidas seguindo uma lógica sequencial de compartilhamento e evolução do conhecimento. Deixando claro o caminho a ser percorrido e onde a sequência levará o aluno.

Com essa estratégia, os professores esperam dar mais sentido ao seu processo de ensino e, ao mesmo tempo, aumentar o engajamento dos alunos nas atividades pedagógicas, e, com isso, seu aprendizado.

Foram selecionado 10 alunos, pelos professores de física, química e biologia, uma vez que são as disciplinas que compõem o eixo de naturezas estudado no ensino médio. Um grupo bem heterogêneo com alunos com competências nas três áreas da ciências.

5.2 Os principais pontos da sequência didática

5.2.1 Apresentação

Sendo um dos momentos mais importantes, a apresentação da proposta dessa estratégia e a justificativa dela no processo de ensino e aprendizagem. O alinhamento dos resultados esperados e como a sistemática executada.

Além disso, o professor deve compartilhar com os estudantes quais estudos e tarefas iniciais prévios para que a estratégia possa ser implantada na turma. Todo cuidado nesse momento, pois se feito de forma desorganizada ou incompleta pode gerar dúvidas e desinteresse dos estudantes.

5.2.2 Definição dos objetivos

Para que a sequência didática tenha eficiência satisfatória, os estudantes devem estar cientes, não só das atividades, mas também do objetivo e finalidade. Nesse ponto, é muito importante ouvir o que o aluno tem a dizer, fazendo com que o mesmo se torne ativo no processo.

5.2.3 Definição da sequência

Nesse momento, o professor deve pensar as atividades e os exercícios que gostaria que os alunos executassem de acordo com o(s) objetivo(s) traçados. Para que a estratégia seja efetiva, é preciso que as atividades sejam diversificadas, nas sequências de forma lógica e organizadas de maneira que fique clara sua continuidade.

Além disso, é necessário ter atenção à complexidade das tarefas e suas possibilidades de execução, tanto em virtude do conhecimento prévio dos alunos quanto com relação à disponibilidade de recursos.

5.3 Os papéis

A aplicação da sequência didática proposta nesse trabalho foi dividida em três partes simultâneas. Cada uma com um foco, porém não único, sendo as atividades sobre responsabilidade, do professor, em sua maior parte e do próprio aluno, sendo esse o protagonista do processo de aprendizagem.

5.3.1 O papel da sequência

O principal papel da sequência, é desenvolver no estudante a compreensão teórica e prática a respeito das lentes. Seguindo o pressuposto da aprendizagem significativa (seção 1.7), assim ela foi desenvolvida tendo como base a utilização de diferentes recursos didáticos, tanto virtuais, como materiais: garrafas de polietileno tereftalato (pet), papelão e papel seda. A sequência é a união dos quatro pilares da educação da UNESCO elaborados em 1999 por Jacques Delors, professor político e econômico francês.

5.3.1.1 Aprender a conhecer

Esse pilar envolve o ato de compreender, descobrir ou construir o conhecimento. Mais do que adquirir saberes, as crianças devem ter interesse real pela informação e prazer em aprender e se aprimorar constantemente.

5.3.1.2 Aprender a fazer

Além de obter conhecimento teórico, os estudantes precisam colocá-lo em prática. Mobilizando suas habilidades cognitivas, eles devem estar aptos a: fazer escolhas; pensar criticamente; solucionar problemas; atuar da maneira mais adequada em situações incertas; não confiar em modelos preexistentes.

Dos pilares da educação da UNESCO, este é o que visa a formação do profissional. Isso porque, em meio aos avanços tecnológicos, a pessoa passa a ser mais exigida intelectual e mentalmente. Portanto, ela deve lidar e tomar decisões em qualquer situação a qual ela for inserida.

5.3.1.3 Aprender a conviver

Saber conviver em sociedade e se colocar no lugar do outro são atitudes importantes na atualidade. Esse pilar, portanto, gira em torno do aprendizado da não-violência, em que a hostilidade dá lugar ao espírito colaborativo.

Descobrir que o outro é diferente e, ao mesmo tempo, encarar essa diversidade como algo normal, é o que torna a convivência mais leve e permite criar laços afetivos. Junto a isso, há o fortalecimento da empatia, da tolerância e do respeito.

5.3.1.4 Aprender a ser

O último dos pilares da educação da UNESCO está relacionado ao desenvolvimento do ser como um todo. No caso, todos precisam estar aptos a pensar de

forma crítica e autônoma e capaz de formar seu próprio juízo de valor. Os fatores-chave deste aprendizado são: inteligência; criatividade; sensibilidade; responsabilidade; pensamento crítico; ética.

5.3.2 O papel do professor

Durante o processo de ensino e aprendizagem, o professor desenvolve dois papéis.

1º: Expositor, onde o mesmo expõe a proposta do encontro, deixando claro o que deve ser feito, para que o aluno não se sinta desorientado e desinteressado. É importante que cada passo do aluno seja dado com o mesmo sabendo onde (provavelmente) ele vai chegar.

2º: Mediador, onde o professor deve conduzir o conhecimento do aluno mediando sobre experiências adquirida com o encontro. É necessário que cada encontro tenha um começo, meio e fim, e que depois do encontro o aluno consiga sentir mais próximo do objetivo principal, uma vez que o objetivo de cada encontro foi concluído.

Esses dois papéis que o professor vai desempenhar serão de forma remota, uma vez que os encontros não podem ocorrer de forma presencial, por conta das restrições impostas no momento da pandemia do Covid-19 que o estado de Pernambuco enfrentava no momento da aplicação do produto educacional. Assim quando o professor estiver no papel de expositor, será em encontros via reunião no Google Meet®, e quando for o papel de mediador, será através do aplicativo WhatsApp, pois nele pode-se ter uma mediação focada e de fácil acesso.

5.3.3 O papel do aluno

O aluno desenvolverá um papel muito importante, não só na característica de que aprenderá, mas na participação nos encontros. A vontade de chegar no objetivo, seja por curiosidade ou outro fator que moverá o aluno a participar.

Na sequência proposta, o aluno tem uma participação muito importante, como agente ativo na construção do conhecimento. Ficando o professor mais atento na organização dos encontros e na moderação de cada um.

Além dos encontros, os alunos tem uma participação de forma remota, com as práticas Maker a serem desenvolvidas, onde os mesmos construirão objetos que materializaram o conhecimento adquirido nos encontros.

5.3.4 O movimento maker

"O movimento maker é uma extensão tecnológica da cultura do "Faça você mesmo", que estimula as pessoas comuns a construir, modificarem, consertarem e fabricarem os próprios objetos, com as próprias mãos. Isso gera uma mudança na forma de pensar [...] Práticas de impressão 3D e 4D, cortadoras a laser, robótica, arduino, entre outras, incentivam uma abordagem criativa, interativa e proativa de aprendizagem em jovens e crianças, gerando um modelo mental de resolução de problemas do cotidiano. É o famoso "pôr a mão na massa" ". (SILVEIRA, 2016, p. 131).

Em um nível primário, a cultura do Faça Você Mesmo (DIY - Do It Yourself) traz a ideia do reaproveitamento e/ou conserto de objetos, ao invés do descarte e aquisição de novos. Em uma análise mais profunda, o DIY propõe uma mudança de visão sobre o que significa possuir algo, e também sobre os hábitos de consumo incutidos na visão de mundo dominante. Os avanços da indústria fizeram com que as pessoas perdessem o contato com as ferramentas e as iniciativas de conhecer aquilo que consomem.

O movimento maker estende esse pensamento para outros campos da sociedade, como por exemplo a educação. Hoje o conhecimento é apresentado de forma pronta e estruturada, quase como se tivesse sido fabricado. O estudante consome as aulas - sem compreender como certos conceitos foram criados, com foco apenas no conteúdo que cada disciplina tem a transmitir.

Enquanto que na abordagem de aprendizagem por resolução de problemas (ou desafios), tão disseminada em espaços de educação maker, é preciso quebrar os problemas em partes, partir de pressupostos para então chegar à solução, formulando teorias e construindo-as por meio da experimentação. Neste sentido, a educação associada ao movimento maker é diferenciada em relação às aulas tradicionais porque o aluno adquire ferramentas para compreender e aprimorar os conhecimentos recebidos nas aulas expositivas, ou seja, o estudante aprende a aprender.

A base do movimento maker, então, encontra-se na experimentação. Para a educação, a ampla exposição à experimentação pode significar processos de aprendizagem que promovam o trabalho coletivo e a resolução de problemas de forma criativa e empática. A estas atividades também se atribui uma maior taxa de retenção do conhecimento, tendo cerca de 50 % quando ocorrem discursão, 75% quando praticamos o conhecimento e cerca de 90% quando ensinamos outros. (MAGENNIS; FARRELL, 2005).

Além disso, as situações de aprendizagem por desafios, ou para a resolução de problemas, promovem o protagonismo e a autonomia dos estudantes, colocando-os no centro do próprio processo de aprendizagem.

Neste sentido, o movimento maker vem sendo considerado como o próximo salto educacional e tecnológico, apresentando-se como alternativa às aulas tradicionais, que priorizam as metodologias expositivas consideradas passivas e repetitivas pela maioria dos estudantes.

5.4 Desenvolvimento

A principal proposta da sequência é que os alunos possam ver o conceito, observar, em simulação, o fenômeno e construir o objeto educacional que materializará o aprendizado. Confrontar a teoria, com a simulação e com os resultados que o mesmo obteve na prática maker. O ponto principal da sequência é que o aluno torna-se o agente ativo na construção do conhecimento, uma vez que é de responsabilidade dele a construção do objeto educacional, cabendo ao professor a exposição da teoria e a apresentação da simulação, gerando um debate entre as conversas dos alunos no decorrer da aplicação da sequência didática.

5.4.1 Parte expositiva

A exposição dos conteúdos teóricos se fará de forma expositiva com auxílio de ferramentas Google for Educacion®, uma vez que o momento impede a exposição sendo feita de forma presencial, e com auxílio de outras ferramentas digitais, facilitando a compreensão e o ganho de tempo. A sequência a seguir não se encontra em ordem de exposição, nem de importância.

5.4.1.1 Formação de imagem

Demonstrar de forma simples e direta como uma imagem, é formada, lembrando que os alunos já tem o conhecimento prévio de óptica geométrica, assim pode-se desenvolver essa teoria de forma direta e sem muito aprofundamento.

5.4.1.2 Lentes

Conceituar o que é uma lente, os tipos e as diversas possibilidades de aplicações. Demonstrar a equação dos fabricantes, assim como os principais cálculos do foco da lente.

5.4.1.3 Lei de Snell-Descartes

Como lei principal e base teórica da sequência didática, as exposições sempre farão referência a essa lei, é importante deixar bem desenvolvido e claro. Comprovar a lei de forma matemática e experimental, fazendo com que a aprendizagem se torne o mais significativo possível.

5.4.1.4 Conceitos fundamentais

Apresentação de conceitos fundamentais como a velocidade da luz e o índice de refração, apresentar também, como fundamental, alguns princípios da óptica geométrica como reversibilidade da luz ou o conceito da trajetória retilínea.

5.4.2 Parte simulada

Com auxílio do Algodoo, ambiente virtual de simulação física, desenvolvido pela Algoryx®, irá ser apresentada aplicações dos conceitos expostos. Nesse ambiente, é possível ter o total controle dos parâmetros que influenciara o experimento, assemelhando o máximo nas condições ideais teóricas. Para baixar o programa, de forma gratuita, para computadores com os sistemas Windows, MacOS e para tablets com o iOS, acesse o link do Algodoo⁷ (data de acesso 29/03/2021).

5.4.3 Parte experimental

Essa parte é desenvolvida pelo professor, experimentos a baixo custo, e pelo aluno, com a prática maker, seguindo as orientações do professor. O experimento é de super importância pois será confrontado os resultados experimentais com os resultados simulados e teóricos. Criando um aprendizado sólido. Já a prática desenvolvida pelos alunos fará com que diversas áreas do desenvolvimento cognitivo otimizadas. A sequência de experimentos será apresentada da mesma forma que possam repetir os passos expostos a eles. Os alunos vão desenvolver o objeto educacional que vai materializar a teoria estudada.

5.4.3.1 A Lei de Snell-Descartes

Experimento simples, usando um pequeno aquário, água, canudos e brinquedos, podemos observar a lei de Snell e ver, como é o comportamento do feixe de luz e um

⁷ <http://www.algodoo.com>

ambiente com maior densidade, no caso com índice de refração maior que o da água. Esse experimento é exposto pelo professor, gerando perguntas e possibilidades para que os alunos fiquem curiosos para compreender o fenômeno que estão observando.

5.4.3.2 Fibra óptica na água

Como uma das aplicações possíveis da lei de Snell, são as fibras ópticas, demonstrar como confinar a luz em um meio, através do ângulo limite em um experimento simples de se realizar. Esse experimento é exposto pelo professor, gerando perguntas e possibilidades para que os alunos fiquem curiosos para compreender o fenômeno que estão observando.

5.4.3.3 A confecção de uma lente

Com uso de um equipamentos simples, será feita a montagem de uma lente, onde usaremos para estudos futuros. A lente será montada com materiais reciclados e água, criando assim uma perturbação no meio do trajeto da luz. Essa é a primeira prática maker desenvolvida pelos alunos, com ela será possível fixar as teorias e conceitos estudados no encontro. Cabe ao professor apresentar o passo a passo que os alunos seguirão, formando grupos e cada grupo de aluno deve solucionar problemas durante a execução da prática.

5.4.3.4 A confecção de uma câmera escura

Compreendendo como são formadas as lentes, os alunos compreenderam como é gerada as imagens e confeccionar uma câmera escura com a capacidade de focar, usando as lentes que os mesmos fizeram ou uma fabricada. Essa é a segunda prática maker desenvolvida pelos alunos, com ela será possível fixar as teorias e conceitos estudados no encontro. Mantendo o mesmo padrão de dinâmica, professor-aluno, da confecção da lente (5.4.3.3).

5.4.3.5 Microscópio caseiro

Com um arranjo simples, vamos observar seres microscópicos usando uma simples gota d'água e um laser. Esse experimento servirá para mostrar por que não é bom bebermos água na garrafa com água armazenada durante muito tempo, no experimento em questão, o tempo em que a água estava armazenada na garrafa é desconhecido, porém estimado em 15 dias (mínimo), dando a oportunidade dos alunos observarem os microrganismos contidos nela.

5.5 Calendário de atividades

Compreendendo todas as etapas, o primeiro passo é determinar as atividades de cada encontro, assim como os objetivos. Assim pode-se determinar a seguinte tabela.

Encontros	Atividades	Tempo	Objetivo
1º	Apresentação da Sequência	10 min	Apresentar de modo formal o que será desenvolvido e gerar um parâmetro comparativo.
	Pré-teste	30 min	
	Vídeo de Cid Araújo e debate.	30 min	
2º	Conceitos Iniciais da Óptica (Índice de refração, velocidade da luz)	10 min	Confrontar o conhecimento do senso comum com conceitos e experimento. Debater sobre o assunto de forma a desconstruir o que for dado como senso comum
	Experimento para comprovar a lei de Snell (simulado e prático)	30 min	
	Aplicação da Lei de Snell em nossa sociedade (experimento da fibra ótica na água)	20 min	
3º	Conceitos iniciais de lentes	30 min	Compreender como uma lente conduz a luz, saber que construir uma lente com materiais reciclados e determinar o foco de uma lente a partir de uma observação.
	Confecção de uma lente. Aplicação de lentes e tipos de radiação eletromagnéticas	30 min	
4º	Como é formado uma imagem, como nosso olho vê os objetos.	20 min	Observar como imagens são formadas e usar da óptica geométrica para estimar valores de comprimentos complicados de se medir. Comparar as aplicações dos conceitos de formação de imagem de antigamente com hoje em dia, discutir prováveis aplicações para esse assunto.
	Câmera escura, o que são? Vídeo apresentando uma aplicação. Confecção de câmera escura usando lentes de forma digital e física.	30 min	
	Observação de alguns objetos com uso da nossa lente e estimativa de tamanho a partir da imagem formada.	10 min	
5º	Outras formas de aplicar uma lente, o fenômeno da difusão	10 min	Concluir tudo que foi passado e vivenciado. Sintetizar todo o conhecimento adquirido de forma a ser visto o aprendizado. Concretizar a aprendizagem e mostrar possibilidades de aplicação. Adquirir informação sobre a aprovação da sequência e obter dados para comparação e saber a eficiência da sequência.
	Construção de um microscópio com uso de laser e uma gota d'água (observar água do filtro e água de uma garrafa de algum aluno)	30 min	
	Conclusão pós-teste	30 min	

Tabela 1 - Calendário de atividades por encontro. Objetivos e estimativa de tempo.

5.6 O professor doutor Cid Bartolomeu de Araújo

De forma introdutória, as palavras do professor Cid Araújo é o ponto de partida para a sequência didática, pois ele é um pesquisador cimo na área da óptica, e sendo geograficamente próximo dos estudantes, faz com que os conceitos apresentados se tornem mais atrativo.

O professor é "graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco -UFPE (1968), Mestrado em Física (1971) e Doutorado em Física (1975) pela PUC do Rio de Janeiro. Pós-doutorado na Harvard University (1976-1977) nos EUA.

Professor no Departamento de Física da UFPE desde julho de 1971. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE (1989 a 2013). Professor Emérito-UFPE-Recife. Tem bolsa de pesquisador do CNPq desde janeiro de 1978 (classificado no Nível 1A desde 1985).

É Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências e Academia Pernambucana de Ciências. Agraciado com o prêmio Galileu Galilei concedido pela International Commission for Optics (ICO). Eleito Fellow da Optical Society of America (OSA) e Fellow da The World Academy of Sciences (TWAS). É Membro da Ordem Nacional do Mérito Científico (Classes: Grã Cruz e Comendador).

Até maio de 2021 publicou 348 artigos em revistas científicas internacionais, 14 capítulos de livros, editou 1 livro publicado por Editora internacional e contribuiu com mais de 500 comunicações em congressos nacionais e internacionais. Os trabalhos publicados têm mais de 9500 citações na base de dados do Google Scholar e índice H=48. Orientou 44 Dissertações de Mestrado, 27 Teses de Doutorado e 20 Pós-doutorandos.

Foi Professor Visitante na Université d'Angers (França) e Pesquisador na Universidade Estadual de Campinas, École Polytechnique (Palaiseau, França) Université Paris-Nord, I.B.M.-Thomas J. Watson (New York). Membro do Quadro Editorial da Optical Materials (Amsterdam) 1991-1995; Brazilian Journal of Physics 1991-2007 (Editor entre 1992 e 1995); Applied Physics Letters 2013-2015; Journal of Applied Physics 2013-2015; APL Photonics 2019-2021.

Atua na área de Física, com ênfase em Propriedades Ópticas de Sólidos, Óptica Não Linear e Fotônica. Nos últimos anos tem se dedicado ao estudo de vidros especiais para Fotônica, e sistemas nanoestruturados para aplicações na Nanofotônica e

Plasmônica”. Essa apresentação foi retirada do currículo Lattes⁸ do professor, esse texto foi escrito pelo próprio.

Com um currículo vasto de grandes atuações e premiações, o professor abrilhantou esse trabalho com uma palestra (de forma remota e no padrão de entrevista). Cid Araujo é a sumidade quando se trata de óptica e a entrevista dada por ele foi o ponto de partida, onde os alunos tiveram contado, mesmo que de forma virtual, com alguém que vive na fronteira das pesquisas.

⁸ <http://lattes.cnpq.br/7109489698613515>

6 ANÁLISE DE DADOS

Agora faremos a apresentação do processo de implementação da sequência didática, uma descrição dos resultados alcançados com a pré-teste com intuito de analisarmos os aspectos qualitativos e quantitativos obtidos, e em alguns casos compararmos os resultados obtidos com a pós-teste.

6.1 O pré-teste

Com intuito de criar um parâmetro comparativo e um ponto de iniciativa, o pré-teste foi desenvolvido para determinar e caracterizar os alunos, traçando um perfil do estudante (ver ANEXO II). Com ele é possível compreender quais as maiores dificuldades dos alunos, os pontos fortes e aprimorar o conhecimento adquirido.

Contudo, para esse trabalho, tivemos um espaço amostras reduzido, por questões de medidas tomadas no combate a pandemia do Covid-19. Assim usamos os 10 alunos escolhidos pelos professores de ciências da Natureza, eixo do ENEM, composto por física, química e biologia. Esses estudantes desempenham o papel de monitor, em uma das três disciplinas.

6.1.1 Aplicação das teorias

Os itens de 2 à 4 tem como foco determinar se o estudante tem compreensão dos fenômenos que ocorrem na óptica. Os gráficos a baixo são referentes ao desempenho dos estudantes nesses itens.

Quando uma onda eletromagnética incide sobre um meio, parte dela é refletida na superfície e parte penetra no meio, podendo ser tanto absorvida por ele, espalhada dentro dele e/ou transmitida através dele. Esse fenômeno é o(a):

- ☐ Refração
- ☐ Reflexão
- ☐ Difração
- ☐ Difusão
- ☐ Interferências

Figura 31 - Item 2 do pré-teste

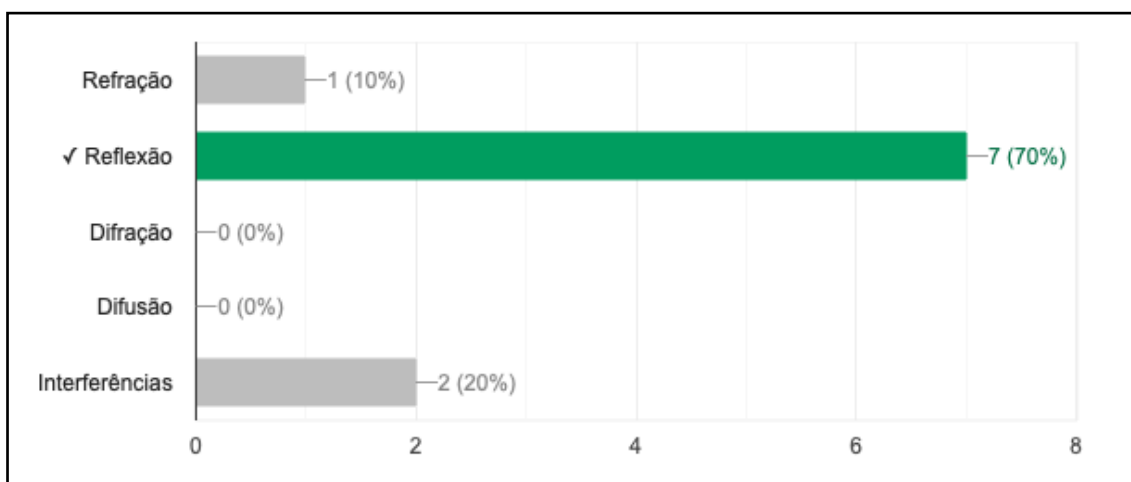


Gráfico 1 - Referente ao item 2 do pré-teste.

Quando uma onda eletromagnética visível incide em um determinado meio, retornando ao meio original no qual ela se propagava. Esse fenômeno é o(a):

☐ Refração

☐ Reflexão

☐ Difração

☐ Difusão

☐ Interferências

Figura 32 - Item 3 do pré-teste.

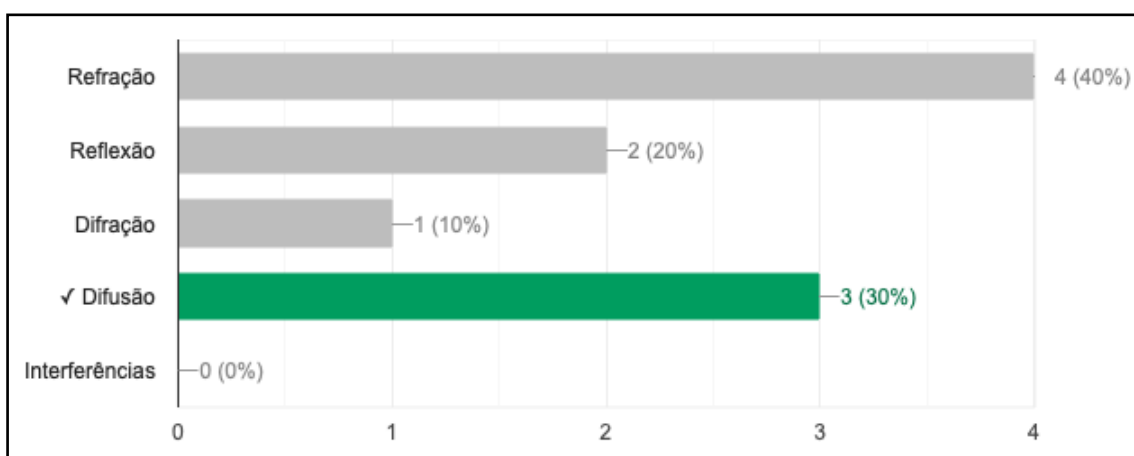


Gráfico 2 - Referente ao item 3 do pré-teste.

Quando uma onda eletromagnética muda de velocidade de propagação quando essa atravessa meios ópticos diferentes. Esse fenômeno é o(a):

☐ Refração

☐ Reflexão

☐ Difração

☐ Difusão

☐ Interferências

Figura 33 - Item 4 do pré-teste.

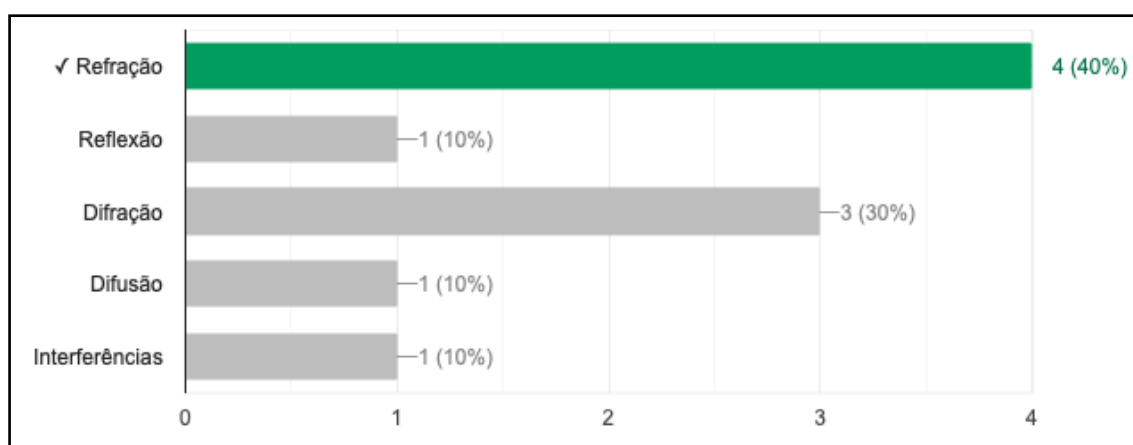


Gráfico 3 - Referente ao item 4 do pré-teste.

Analisando os gráficos 1, 2 e 3 notamos que o item com maior número de acerto é o 3, pois é um fenômeno ligado ao cotidiano do aluno, já o item 4 é um fenômeno já estudado pelo aluno, porém foram feitas poucas ligações com o cotidiano, o que levou a um menor significado no processo de aprendizagem, já o item 2, é um fenômeno pouco falado em sala, o que distancia ainda mais o aprendizado, fazendo assim um baixo rendimento.

Assim fica evidente que tornar o objeto de estudo próximo ao estudante faz com que o mesmo assimile melhor, tornando o aprendizado significativo. Para cumprir essa proposta, foi escolhido o estudo da óptica aplicada a biologia, uma vez que o uso de lentes corretivas é corriqueiro hoje e é praticamente inevitável você não se deparar com alguém que use óculos.

6.1.2 Formalismo matemático

Compreendido que os conceitos com maior proximidade do estudante gera um maior aprendizado significativo. O segundo passo foi determinar o manuseio do formalismo matemático para resolução de situações. Os itens 5 à 8 vem com situações de aplicação das equações com intuito de ver como o aluno se sai no formalismo matemático.

Um objeto de 20 cm de altura é colocado 30 cm à frente da superfície de um espelho plano. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, a altura da imagem refletida pelo espelho e a distância entre o objeto e essa imagem:

☐ 20 cm e 30 cm

☐ 10 cm e 15 cm

☐ 40 cm e 30 cm

☐ 20 cm e 60 cm

☐ 20 cm e 15 cm

Figura 34 - Item 5 do pré-teste.

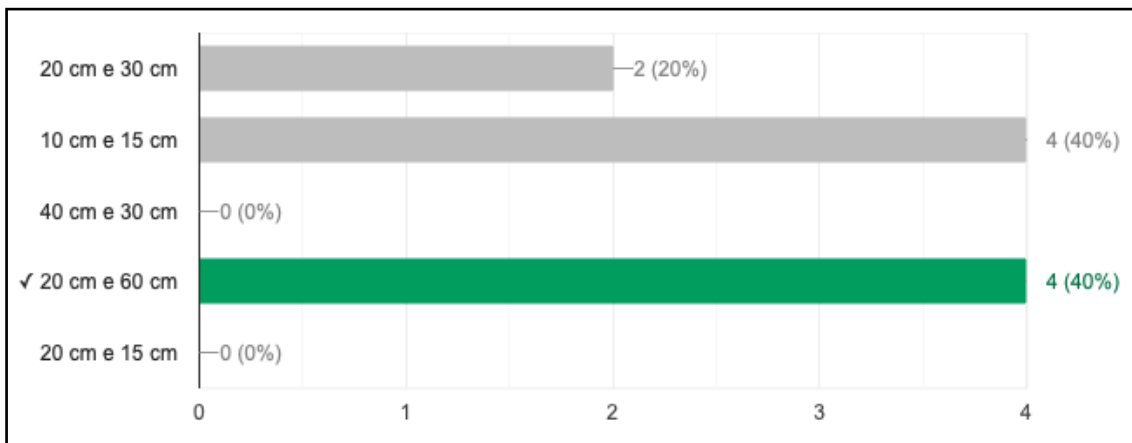


Gráfico 4 - Referente ao item 5 do pré-teste.

Dois espelhos planos são alinhados de modo que as direções perpendiculares às suas superfícies refletoras formam um ângulo de 60° . O número de imagens conjugadas por esses espelhos é igual a:

- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 2
- ☐ 1

Figura 35 - Item 6 do pré-teste.

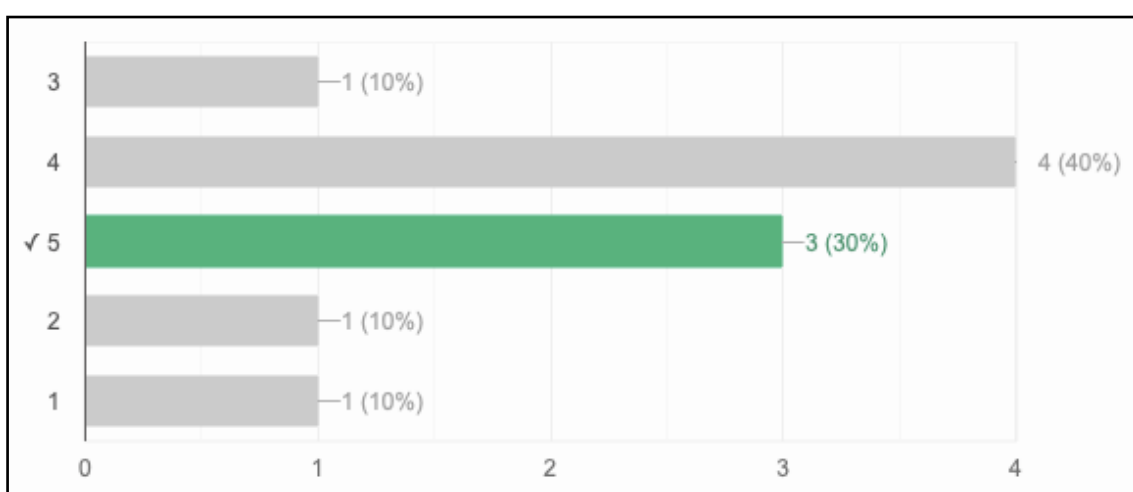


Gráfico 5 - Referente ao item 6 do pré-teste.

A luz amarela se propaga em um determinado vidro com velocidade de 200.000 km/s. Sendo 300.000 km/s a velocidade da luz no vácuo, determine o índice de refração absoluto do vidro para a luz amarela:

- ☐ 1,1
- ☐ 1,2
- ☐ 1,3
- ☐ 1,4
- ☐ 1,5

Figura 36 - Item 7 do pré-teste.

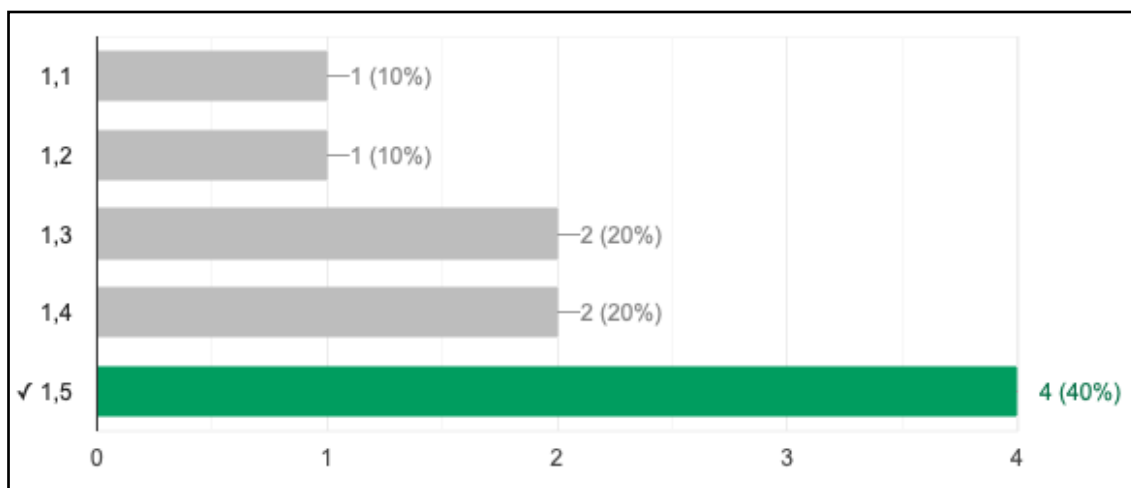


Gráfico 6 - Referente ao item 7 do pré-teste.

Supondo que o diamante apresente índice de refração absoluto 2,41 para a luz amarela, e sendo 300.000 km/s a velocidade da luz no vácuo, calcule a velocidade da luz amarela no diamante.

- ☐ 100.500 km/s
- ☐ 124.500 km/s
- ☐ 136.500 km/s
- ☐ 148.500 km/s
- ☐ 152.500 km/s

Figura 37 - Item 8 do pré-teste.

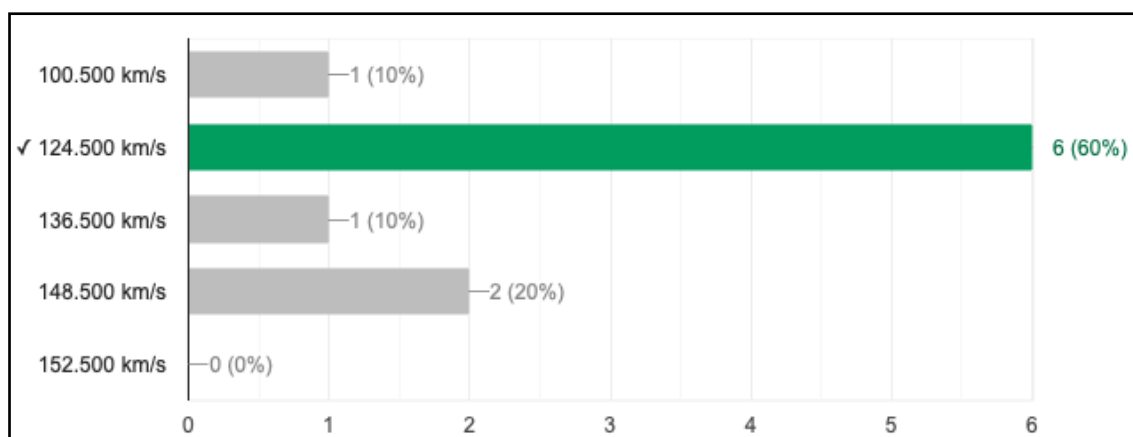


Gráfico 7 - Referente ao item 8 do pré-teste.

Apesar do conceito de reflexão ser o que os alunos tem como mais próximo a deles, não é a mesma quando falamos de apropriação do conhecimento e aprendizagem significativa. O resultado esperado no item 5 (ver gráfico 4) deveria ser similar ao item 3

(ver gráfico 2), com uma superioridade na resposta certa, comparando com as erradas, porém o gráfico 4 mostra que, mesmo conhecendo o fenômeno da reflexão, o estudante não se apropriou desse conhecimento. Porém das 4 respostas certas do item 5, 3 foram os mesmos alunos que acertaram o item 2, assim, aproximadamente 43% dos alunos que acertaram o item 3, tem uma apropriação do fenômeno da reflexão.

Em comparação entre os itens, os acertos do item 6 (ver gráfico 5) sendo feito pelos alunos que tiveram acertos no item 3. Aprimorando ainda mais a análise, 66% dos alunos que acertaram o item 6, acertaram o 5 e o 3, corroborando com a afirmação que esses tem o conhecimento significativo de espelhos planos e uma apropriação no conhecimento do fenômeno da reflexão. Assim temos que 20% dos estudantes analisados, tem o aprendizado significativo com o fenômeno da reflexão, 30% tem uma apropriação do fenômeno e 20% tem o conhecimento cotidiano do fenômeno da reflexão.

Fazendo a mesma análise, agora com o conhecimento do fenômeno da refração. Analisaremos o item 4, com o 7 e 8. Analisando as respostas dos itens 4 e 7, temos que 10% dos alunos que tem o conhecimento do fenômeno da refração, tem um domínio do assunto, pois demonstra ter o conhecimento referente ao formalismo matemático. Ainda analisando esses dois itens, podemos inferir que 75% dos alunos tem o conhecimento puramente matemático com relação a refração.

Ainda sobre a refração, agora comparando as respostas do item 8 com o 4, vemos que 75% dos alunos que marcaram a resposta correta no item 4, demonstraram ter um domínio sobre o assunto, demonstram um grau de conhecimento com relação ao formalismo matemático, uma vez que eles acertaram o item 8 também. Olhando apenas para o item 8, podemos afirmar que 33% dos alunos tem o conhecimento matemático porém não conseguem correlacionar o fenômeno com fatos correlatos do cotidiano.

Assim, temos que 10% dos alunos demonstram ter o aprendizado significativo, incríveis 80% tem conhecimento (algébrico) do fenômeno e 10 tem apenas o conhecimento do fenômeno.

6.1.3 Conhecimento aplicado

Os itens de 9 até 11 são referentes a um aprofundamento do conhecimento do fenômeno em momentos observados na natureza e a relação com a visão, nesses itens foram os de menor resultado.

Suponha que não houvesse atmosfera na Terra. Nesse caso, é correto afirmar que veríamos:

- ☐ o Sol nascer mais cedo no horizonte
- ☐ o Sol se pôr mais cedo no horizonte.
- ☐ o nascer e o pôr do sol mais tarde.
- ☐ o nascer e o pôr do sol no mesmo horário como se houvesse atmosfera.
- ☐ Não mudaria nada nem no nascer, nem no se por do sol.

Figura 38 - Item 9 do pré-teste.

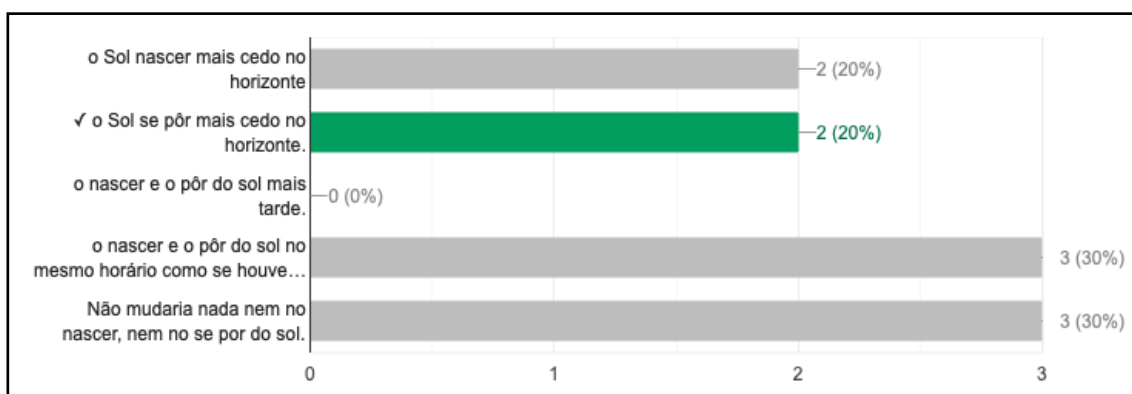


Gráfico 8 - Referente ao item 9 do pré-teste.

Os erros de refração causam defeitos na visão humana que podem, na maioria das vezes, ser corrigidos por meio de lentes refrativas. Assinale, entre as opções seguintes, aquela em que o defeito de visão não se trata de um erro de refração:

- ☐ miopia
- ☐ hipermetropia
- ☐ astigmatismo
- ☐ presbiopia
- ☐ daltonismo

Figura 39 - Item 10 do pré-teste.

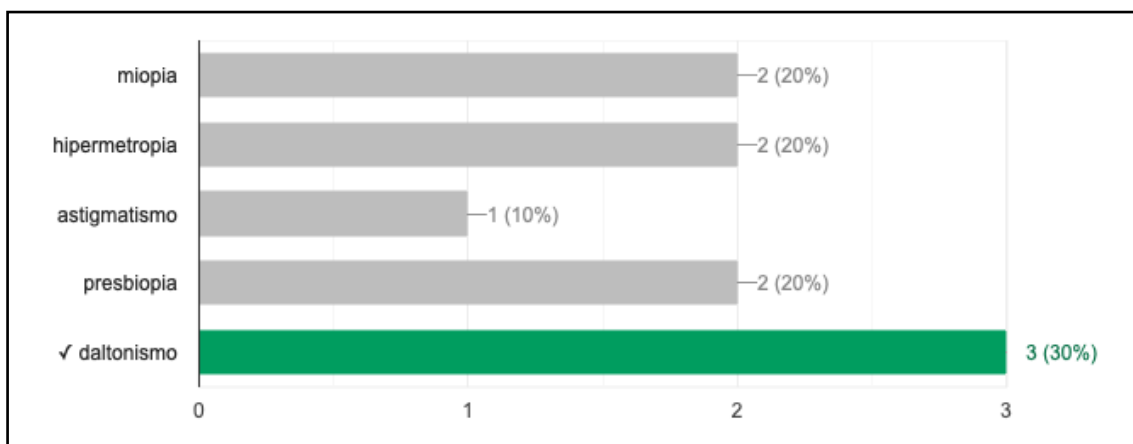


Gráfico 9 - Referente ao item 10 do pré-teste.

Os microscópios são instrumentos ópticos usados para ampliar imagens, para tanto, fazem uso de

- ☐ uma lente convergente e um espelho côncavo.
- ☐ uma lente côncava e uma lente convexa.
- ☐ duas lentes esféricas e convergentes.
- ☐ dois espelhos convexos.
- ☐ um espelho plano e uma lente côncava.

Figura 40. Item 11 do pré-teste.

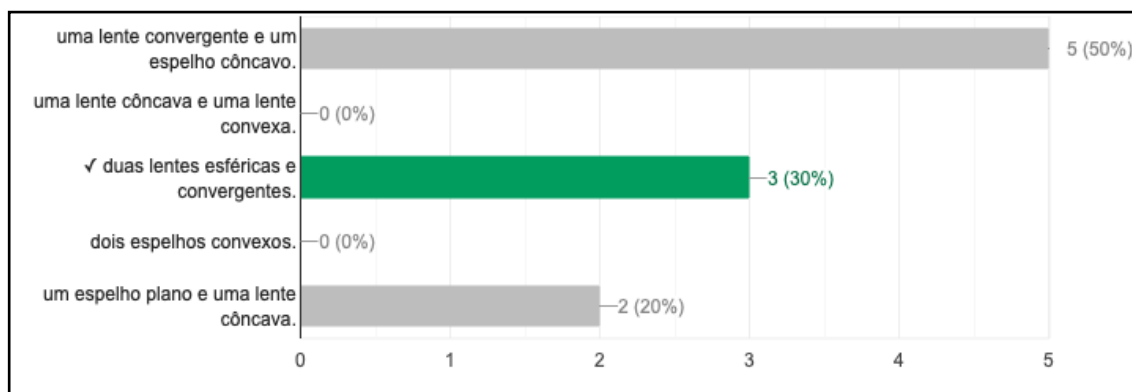


Gráfico 10 - Referente ao item 11 do pré-teste.

Enquanto os itens de 2 a 8 referem-se ao conhecimento qualitativo do estudante os itens de 9 até 11 são feitas uma análise quantitativa, para saber se o aluno sabe correlacionar o conhecimento a respeito de aplicação do fenômeno que o mesmo tem conhecimento. Apenas 10% dos alunos tiveram o rendimento de acertar esses três itens quantitativos, vale salientar que esses mesmos 10% demonstraram um aprendizado significativo sobre o conteúdo de reflexão e refração. Os alunos restantes tiveram uma

porcentagem de acerto de um item desses. Logo temos que 90% dos estudantes não estão em condições de analisar um fenômeno da óptica geométrica em nível crítico, mesmo tendo um rendimento aceitável quando o critério é resolução de questões com formalismo matemático.

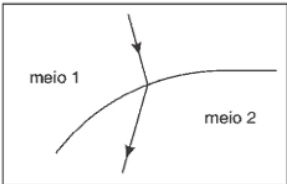
6.2 O pós-teste

Com a aplicação da sequência didática, espera-se que o resultado seja otimizado, quando comparado com os dados antes da aplicação. A sequência didática (ANEXO II) foi formulada para que os estudantes pudessem chegar em um estágio de questionamento com relação aos fenômenos físicos presentes na vida deles. Tendo a capacidade de discernir onde ocorrem esses fenômenos. Após os cinco encontros, onde trabalhamos os fenômenos da reflexão e refração (com maior foco), relacionando os conhecimentos a biologia, foi proposto um pós-teste.

6.2.1 Aplicação das teorias

Os itens de 1 à 4 tem como foco determinar se o estudante compreende melhor o fenômeno da refração. Os gráficos abaixo são referentes ao desempenho dos estudantes.

Um raio luminoso atravessa a superfície de separação entre um meio 1 e um meio 2, conforme a figura. Pode-se afirmar que:



☐ a) a velocidade da luz no meio 2 é igual a do meio 1;

☐ b) a frequência da onda no meio 2 é maior que no meio 1;

☐ c) a frequência da onda no meio 2 é menor que no meio 1;

☐ d) o índice de refração do meio 2 é menor que no meio 1;

☐ e) o índice de refração do meio 2 é maior que no meio 1.

Figura 41 - Item 1 do pós-teste.

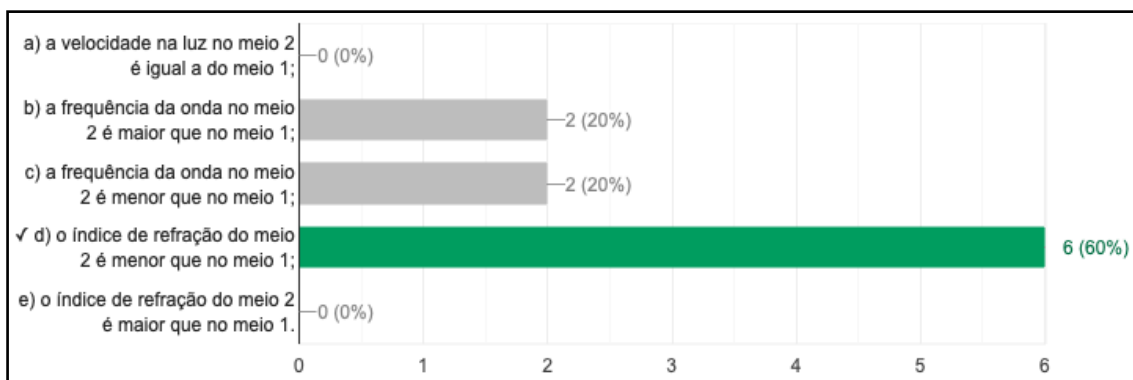


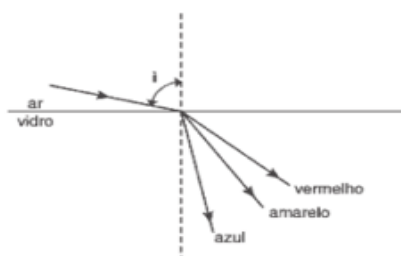
Gráfico 11 - Referente ao item 1 do pós-teste.

Levando-se em conta o índice de refração e a velocidade de propagação no vidro, podemos afirmar que?

Obs.: V_{ve} = velocidade da luz vermelha

V_{am} = velocidade da luz amarela

V_{az} = velocidade da luz azul



- ☐ a) $V_{ve} > V_{am} < V_{az}$
- ☐ b) $V_{ve} < V_{am} < V_{az}$
- ☐ c) $V_{ve} > V_{am} > V_{az}$
- ☐ d) $V_{ve} = V_{am} = V_{az}$
- ☐ e) $V_{ve} < V_{am} > V_{az}$

Figura 42 - Item 2 do pós-teste.

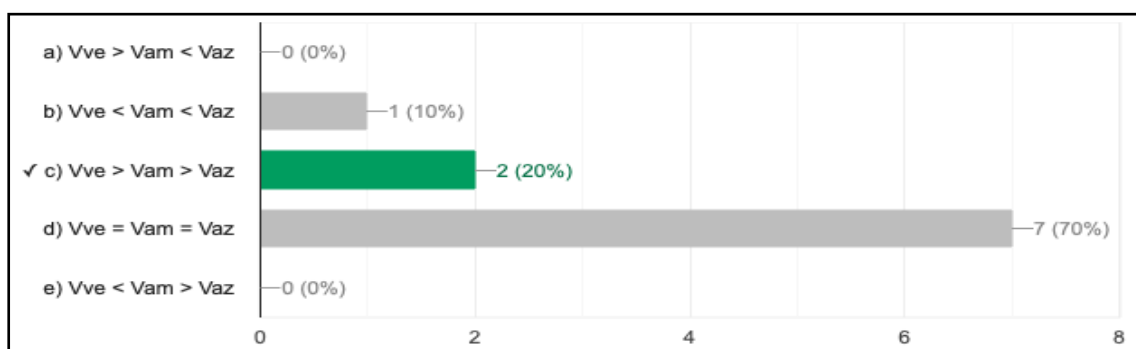
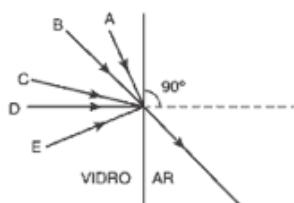


Gráfico 12 - Referente ao item 2 do pós-teste.

Um feixe de luz emerge de um bloco de vidro comum para o ar na direção e sentido indicados na figura a seguir. Assinale a alternativa que melhor representa o percurso da luz no interior do vidro.



- ☐ a) A
- ☐ b) B
- ☐ c) c
- ☐ d) D
- ☐ e) E

Figura 43 - Item 3 do pós-teste.

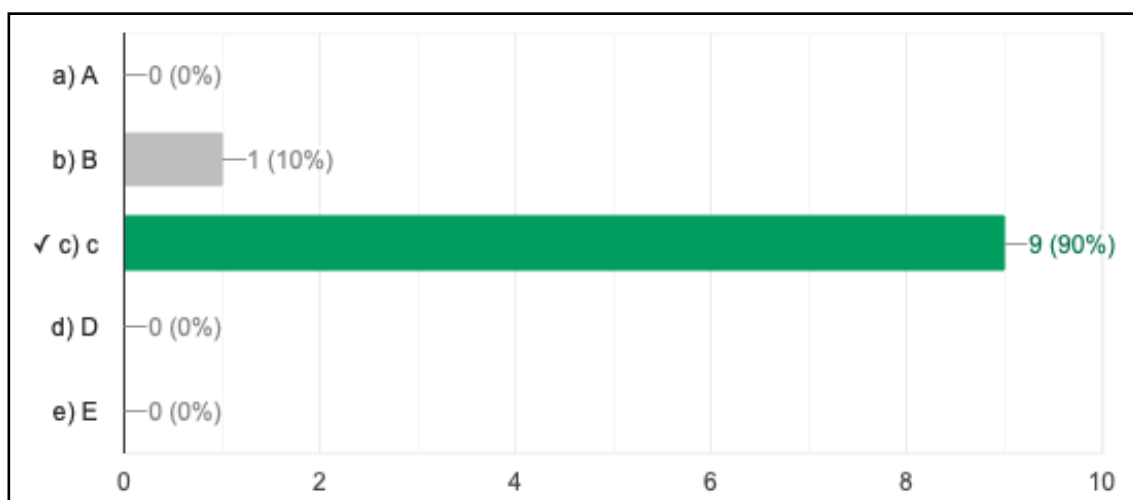
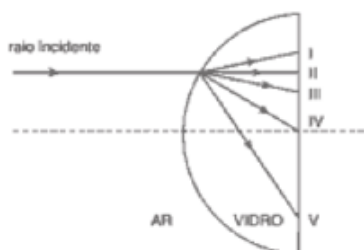


Gráfico 13 - Referente ao item 3 do pós-teste.

Sobre uma lente semiesférica de vidro incide um raio de luz, cuja direção é paralela ao eixo óptico da lente. Qual dos raios (I, II, III, IV ou V) indicados na figura a seguir que melhor representa a trajetória, no interior da lente, do raio refratado que corresponde a este raio incidente?



- ☐ a) I
- ☐ b) II
- ☐ c) III
- ☐ d) IV
- ☐ e) V

Figura 44 - Item 4 do pós-teste.

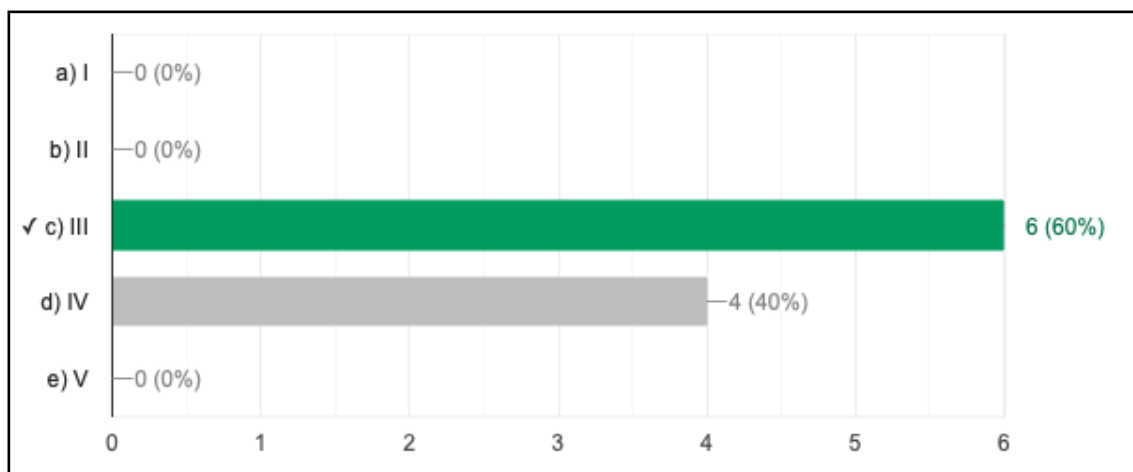


Gráfico 14 - Referente ao item 4 do pós-teste.

Em análise direta, vemos que os estudantes obtiveram conhecimento a respeitando do fenômeno da refração. Antes da aplicação da sequência, 40% dos estudantes tinham o conhecimento do fenômeno. O pós-teste tem um percentual de 60% com o conhecimento do fenômeno. Vale colocar que no pós-teste, a refração foi mais cobrada, visto que foram 4 itens apenas para analisar o conhecimento do aluno a respeito do fenômeno.

6.2.2 Formalismo matemático

Agora que o fenômeno da refração foi mais aproximando dos alunos, com a aplicação na biologia. O pós-teste essa secção do pós-teste tem como objetivo ver o rendimento do estudante a respeito do formalismo matemático aplicado ao fenômeno.

A velocidade de propagação da luz em determinado líquido é 80% daquela verificada no vácuo. O índice de refração desse líquido é:

- ☐ a) 1,50
- ☐ b) 1,25
- ☐ c) 1,00
- ☐ d) 0,80
- ☐ e) 0,20

Figura 45 - Item 5 do pós-teste.

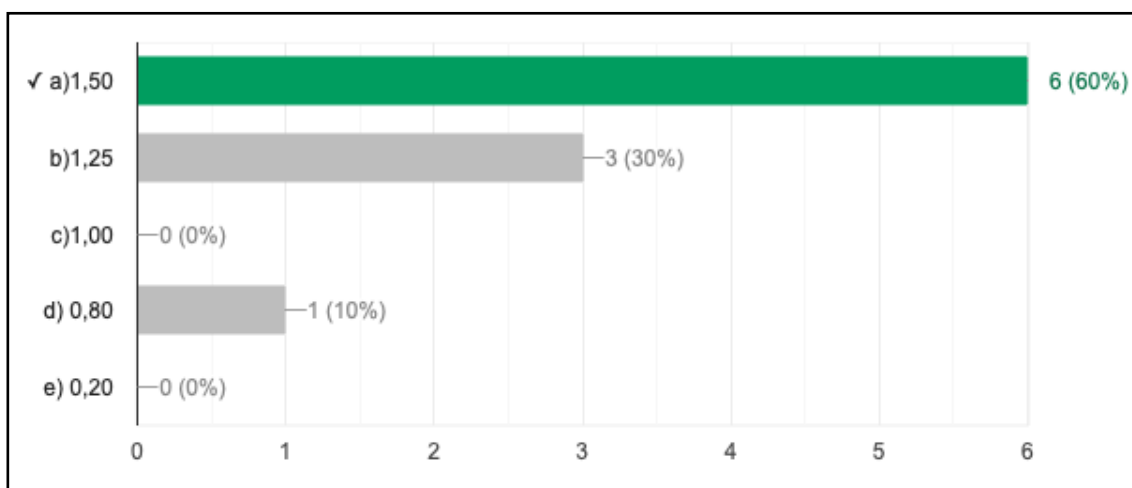


Gráfico 15. Referente ao item 5 do pós-teste.

Quando a luz se propaga no vácuo ($n=1$) para um líquido, o ângulo de incidência vale 45° e o da refração 30° . Determine a velocidade com que a luz se propaga no líquido.

- ☐ a) $3 \cdot 10^8$ m/s
- ☐ b) $2,1 \cdot 10^8$ m/s
- ☐ c) $0,7 \cdot 10^8$ m/s
- ☐ d) $4 \cdot 10^8$ m/s
- ☐ e) $6 \cdot 10^8$ m/s

Figura 46 - Item 6 do pós-teste.

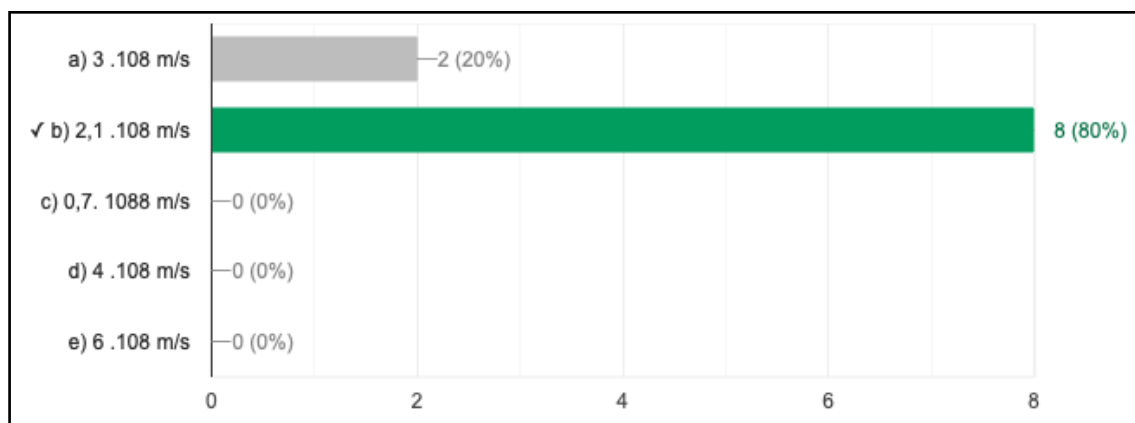
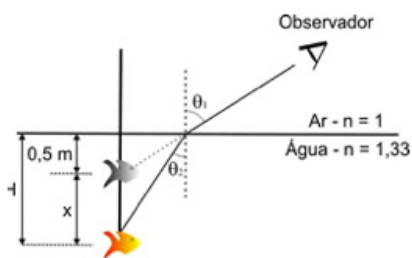


Gráfico 16 - Referente ao item 6 do pós-teste.

Um pescador avista um peixe em um lago a uma distância aparente de 0,5 m da superfície. Considerando os índices de refração do ar ($n = 1$) e da água ($n = 1,33$), qual deve ser a distância real entre a superfície da água e o peixe?



- ☐ a) 0,65 m
- ☐ b) 0,165 m
- ☐ c) 0,75 m
- ☐ d) 0,175 m
- ☐ e) 0,167

Figura 47 - Item 7 do pós-teste.

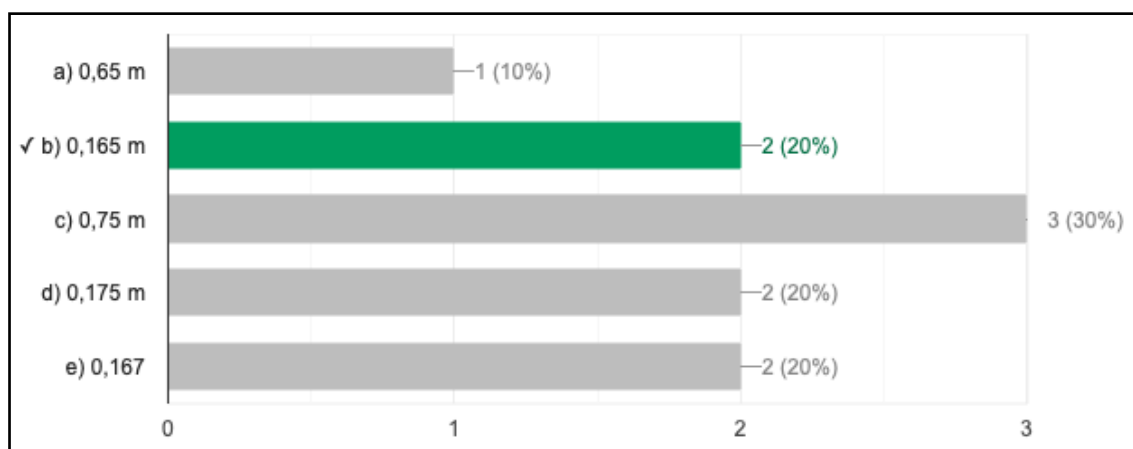
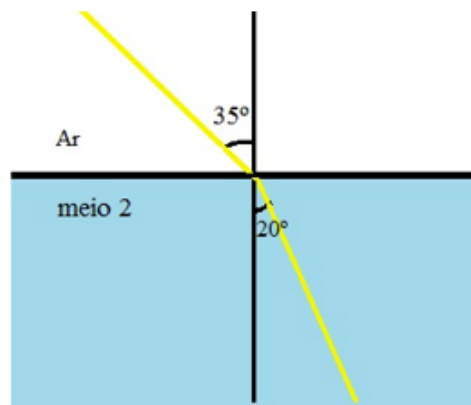


Gráfico 17 - Referente ao item 7 do pós-teste.

Um raio de luz atravessa a interface entre o ar e um líquido desconhecido, mudando sua direção conforme mostra a figura abaixo. Sabendo que o índice de refração do ar é 1, calcule o índice de refração do líquido. Dados: $\sin 35^\circ = 0,57$ e $\sin 20^\circ = 0,34$.



O raio de luz atravessa a interface entre dois meios e sofre refração

- ☐ a) 1,65
- ☐ b) 1,66
- ☐ c) 1,67
- ☐ d) 1,69
- ☐ e) 1,68

Figura 48 - Item 8 do pós-teste.

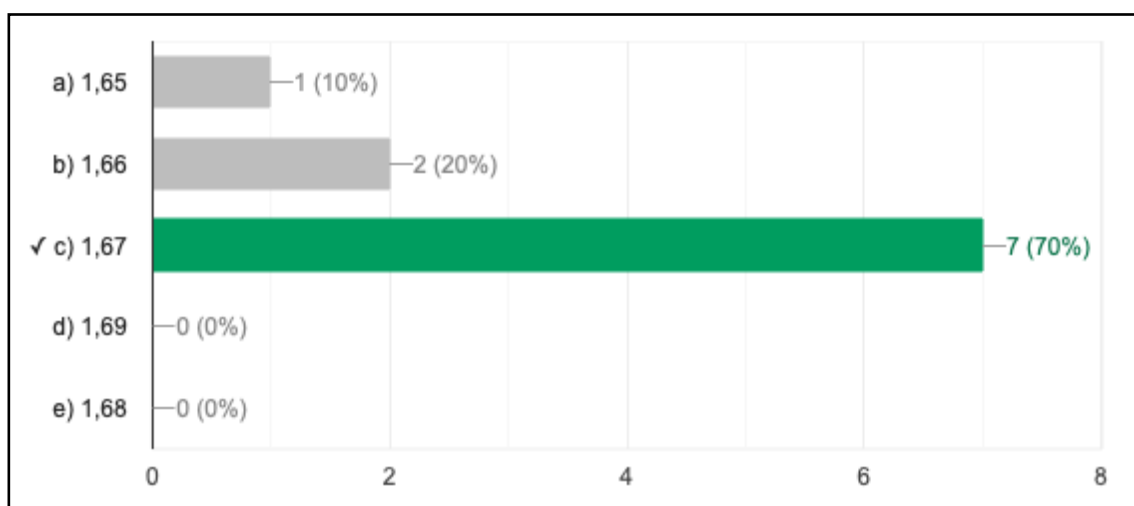


Gráfico 18 - Referente ao item 8 do pós-teste.

Em análise mais geral, os itens 5, 6 e 8, foram atividades experimentalmente demonstradas e debatidas na sequência didática, com uso de simuladores e experimentos. Já o item 7, não foi debatido, apenas comentado em experimento. Notamos que o resultados dos alunos, quando compreendem o resultado do fenômeno, tem um maior desempenho na compreensão de atividades. Como a maioria das respostas nos itens trabalhados na sequência foram, em sua grandiosa maioria, corretas, podemos afirmar que o grupo de estudantes tiveram um bom desempenho no quesito formalismo matemático. Com tudo não foram feitos questionamentos a respeito dos eventos, uma vez que quando a atividade tangência sobre assuntos trabalhados (item 7), os alunos têm uma maior dificuldade em chegar na resposta.

6.2.3 *Conhecimento aplicado*

Os itens de 9 e 10 são referentes a um aprofundamento do conhecimento do fenômeno no cotidiano. São exemplos de aplicação trabalhados durante os encontros usando a biológica como interdisciplinaridade e a fibra óptica, como aplicação na tecnologia. Assim os alunos tiveram que expor o conhecimento adquirido, ou prévio, sobre esses assuntos.

Descreva o que é a miopia. Texto de resposta curta
Qual o processo de funcionamento de uma fibra óptica? Texto de resposta curta

Figura 49 - Item 9 e 10 do pós-teste.

A miopia é uma deformação no olho.
É quando o foco do olho fica antes da retina
<u>Miopia é quando seu olho é achatado, ai a luz fica antes da retina.</u>
É quando a pessoal tem que usar óculos, por que o olho dela não vê direito.
<u>Quando o olho tem uma má formação, ficando achatado, ai a luz foca antes da retina.</u>
É quando o olho tem uma má formação
É quando o olho tem uma má-formação
<u>É quando o olho tem um deformação fazendo com que o foco do cristalino fique antes da retina</u>
Quando o olho foca no lugar errado.
Quando a pessoa tem que usar óculos pra ver de longe

Tabela 2 - Respostas dada ao item 9 do pós-teste. Em destaque as resposta que mais chamaram a atenção.

Apesar de termos 30% das definições dadas pelos alunos, são relacionadas a miopia e(ou) as lentes (Tabela 2), é quase unânime que as respostas relacionam a miopia com a formação do olho e quando analisamos esse item, com relação a formação de imagens, 50% dos estudantes compreendem que a miopia tem relação com a formação da imagem sendo feita no local errado.

<u>É quando um fio prende a luz dentro dele, por conta da refração.</u>
<u>É quando o índice de refração do material é maior que o do meio, ai a luz fica pressa.</u>
Eu sei que é uma coisa que conduz a luz, mas não sei explicar direito. Tem a ver com o material, acho.
Quando a luz entra no tubinho e fica batendo nas paredes sem conseguir sair pelos lados, só pela frente mesmo.
<u>Quando um material tem o índice de refração maior que o ar. A luz fica confinada no material por conta da refração total.</u>
<u>Funciona por causa da refração total</u>
É quando a luz fica pressa em um material
<u>A luz insere em um tipo de tubo onde o índice de refração á muito maior que o do meio original. Ai a luz fica confinada.</u>
<u>Quando a luz fica pressa em um material por que o índice de refração é maior.</u>
Quando a luz fica pressa no fio

Tabela 3 - Respostas dada ao item 10 do pós-teste. Em destaque as resposta que mais chamaram a atenção.

Quando a aplicação é relacionada a refração, a assimilação dos estudantes foi de forma satisfatória. Vê-se nas respostas que quase todos os estudantes tem o conhecimento que o material está ligado ao fato da fibra confinar a luz e 60% dos estudantes correlacionaram à refração.

7 CONCLUSÃO

De acordo com Jean Piaget e David Ausubel nota-se a necessidade dos conhecimentos prévios e que esses conhecimentos influenciam na interação do sujeito-objeto. Essa afirmação é comprovada quando aplicado o pré-teste e os estudantes tiveram um rendimento bom quanto ao conhecimento sobre o fenômeno da reflexão.

A preparação dos recursos pedagógicos tendo como foco o estudante é de extrema importância porque o desenvolvimento do aluno ocorre através da interação com o meio. Foi desenvolvido uma sequência didática, que mesmo em meio de uma pandemia, pode ser aplicada com o fato que torna o fenômeno da refração mais próximo do estudante, usando as lentes e suas aplicações tanto na biologia como na sociedade

A aprendizagem significativa ocorre pelos conhecimentos prévios e pela predisposição do aluno para entender. Essa pré-disposição é de fundamental importância porque mesmo que um professor torne a aula o mais interessante possível, traga diversos recursos didáticos e mude constantemente suas metodologias é impossível motivar o estudante a uma aprendizagem quando o mesmo não quer aprender.

Sendo usado recursos digitais e manuais. O uso do AlgoDoo teve uma excelente aceitação, pois os estudantes compreenderam como ocorre a refração em fibras ópticas e no olho humano. O AlgoDoo proporcionou a oportunidade de estudarmos a aplicação de lentes para correção de problemas na formação de imagens ocorridas pela deformação no globo ocular. Assim como possibilitou vermos como a luz refrata totalmente em uma fibra óptica.

Além do AlgoDoo, a prática maker teve um importante papel na sequência, dando ao estudante o maior interesse em aprender, até de compreender o porquê de ocorrer o que ele presenciou. A união de uma ferramenta digital tão poderosa e de uma metodologia de ensino DIY gerou um resultado positivo nos estudantes.

Depois de analisar o gráfico antes e depois da aplicação, e em conversas com os alunos, o resultado foi alcançado com êxito. Os estudantes tiveram um aumento no desempenho em física, criaram uma visão crítica sobre fenômenos físicos e aplicaram o conhecimento adquirido em física no laboratório de biologia, a pedido do professor.

Assim, uma sequência didática feita de forma responsável, com um objetivo claro e com práticas coerentes com a realidade do aluno e com o momento da educação, pode gerar um estudante crítico, onde não só aceitará o que é apresentado a ele, mas questionaram onde aquele conhecimento pode ser aplicado.

8 PERSPECTIVAS FUTURAS

A aplicação do produto didático teve diversas dificuldades, entre elas o processo de adaptação do sistema de educação de Pernambuco durante a pandemia. Com intercalação entre momentos remotos e presenciais e posteriormente com a forma híbrida de ensino o produto teve que passar por diversas adaptações, principalmente para ser aplicado a qualquer realidade. Assim, mesmo obtendo um resultado positivo, a sequência didática desenvolvida pode ser melhorada.

As primícias no desenvolvimento das práticas apresentadas no capítulo 4 na subsecção 4.3 a câmera escura fosse feita com a própria lente construída pelos estudantes na subsecção 4.2, porém a construção dela foi feita de forma remota, e não teve um controle de qualidade, assim a imagem formada com as lentes dos estudantes não tinha uma qualidade a ponto de ser usada no próximo passo da aplicação do produto.

Se caso fosse feita a construção no laboratório, ou até com um maior controle de qualidade, na prática, as lentes de vidro usadas na câmera poderiam ser substituídas pelas lentes de água construídas pelos alunos.

Outra etapa prática que passou por adaptação foi na aplicação da câmera escura. Seria usada a imagem formada e os cálculos apresentados na subsecção 4.2 para estimar o tamanho de estruturas grandes, exemplificaríamos com um aluno e posteriormente aplicando com objetos de difícil acesso para medir o comprimento.

Assim que o sistema de educação estiver mais adequado a situação e for possível, seria importante fazer uma expansão no produto, adicionado essas práticas na íntegra, não só a apresentação adaptada. Uma nova abordagem futura será confeccionar lentes com líquidos diferentes como óleo, álcool e água destilada. A partir da formação da imagem relacionar com o índice de refração de cada um desses materiais, o aprendizado do estudante ficará mais sólido no quesito da refringência e essa nova sequência didática poderá ser um novo produto educacional.

REFERÊNCIAS

- WATSON, J. B.; Psychology as the behaviorist views it, 1913. Disponível em <https://pdfs.semanticscholar.org/4a31/e7ad6b34da3e546b07896dfb2ed5728949d6.pdf> . Acesso em novembro 2019.
- J. K. Rowling, Harry Potter e as relíquias da morte, *Editora Rocco*, 2007, cap 26.
- KRATHWOHL, D. R. A revision of bloom's taxonomy: an overview. *Theory into Practice*, v. 41, 2002.
- SILVA, J. A., História e Evolução da Psicologia Genética: um estudo do desenvolvimento das pesquisas com crianças. Rio Grande do Sul. [S.l: s.n.], 2011.
- PILETTI, Nelson; ROSSATO, Solange Marques. Psicologia da aprendizagem: da teoria do condicionamento ao construtivismo. [S.l: s.n.], 2011.
- BARROS, Célia Silva Guimarães. Pontos de Psicologia Escolar: Ed. Ática, São Paulo, 4a. edição, 1995.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem* . São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1987. 80 p. Acesso em dezembro. 2019. Disponível em: <<http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/vigo.pdf>>.
- AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph D., HANESIAN, Helen. Psicologia educacional. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana , 1980.
- TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências, *Rev. Ciências e Cognição*, 2008; vol. 13 (1): disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/687>
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa* . Brasília: UnB, 2003. 2-17 p.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. S. Aprendizagem significativas: a teoria de David Ausubel . São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, A. M.; Uso de simuladores no ensino da física, monografia (Lic. Plena em física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- COSTA, L. G., BARROS, M. A., O Ensino da Física no Brasil: Problemas e Desafios. EDUCERE – VII Congresso Nacional de Educação: PUCPR 2015.

COLPO, R. A, FARIA, A. U e MACHADO A. F., O ensino de física no ensino médio intermediado por programação em linguagem Python - X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, São Paulo, 2015.

MOITA, F.M.G.C., VERASZTO, E. V., CANUTO, E. C. A. Jogos eletrônicos e Estilos de Aprendizagem: Uma relação possível – breve análise do perfil do aluno do Ensino Médio In: Estilos de Aprendizagem na atualidade, 2011

MARTINS, R. A, A Óptica de Ibn al-Haytham – 1.000 anos de luz - ANAIS DA 67ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC - SÃO CARLOS - SP - JULHO/2015.

BRUNER, J.S. O processo da Educação. São Paulo: National, 1973.

SILVA, J. e SOUZA, J., O ensino de Física em Botucatu, *Revista Botucatuense de Ensino de Física*, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.

Wikipédia: Euclides. Disponível em < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Euclides>>. Acessado em Junho de 2020.

Introdução às Ciências Físicas, Módulo 1 - Aula 5. Disponível em <<https://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/optica/05-3.pdf>> Acessado em Maio de 2021.

GORAZD P., Water-Drop Projector, Department of Physics, University of Ljubljana, Jadranska 2019, Ljubljana Slovenia.

MAGENNIS, Saranne; FARRELL, Alison. Teaching and learning activities: Expanding the repertoire to support student learning. Emerging issues in the practice of university learning and teaching, v. 1, 2005.

SILVEIRA, Fábio. Design & Educação: novas abordagens. p. 116-131. In: MEGIDO, Victor Falasca (Org.). A Revolução do Design: conexões para o século XXI. São Paulo: Editora Gente, 2016.

ZYLBERSZTAJN, Moisés. Muito além do Maker: Esforços contemporâneos de produção de novos e efetivos espaços educativos. In: TEIXEIRA, Clarissa Stefani; EHLERS, Ana Cristina da Silva Tavares; SOUZA, Marcio Vieira de. (Org.). Educação fora da caixa: tendências para a educação no século XXI. 1ed. Florianópolis: Bookess, 2015, v. 1, p.189-208.

DELLORS, Jacques et al. Educação: um tesouro a descobrir: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. Educação: um tesouro a descobrir: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI, 1999.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK R. Fundamentos de Física. volume 4, 7. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2007.

NUSSENZVEIG. H. M. N., Curso de Física Básica. Volume 4, 1. ed., São Paulo: Edgard Blügher LTDA, 1998, reimpressão 2010.

ANEXO A - REGISTRO DE AULA

O registro da aula foi feita de forma digital gravada via meet, já os registros das respostas foram colocados uma planilha. Os QR-Code foram gerados pelo site <https://me-qr.com> esse site gera os QR-Code gratuitamente.



Registros das respostas dos alunos do pré-teste. Foi gerada uma planilha automática do próprio formulário.



Registros das respostas dos alunos do pós-teste. Foi gerada na planilha automática do próprio formulário.



Registro da entrevista do Prof. Dr.º Cid Araujo com a finalidade de mostrar como as pesquisas na óptica são importantes e divulgar o estudo da física em Pernambuco.



Registro do 1º encontro introdutório da aplicação do produto educacional. Apresentação e aplicação do pré-teste



Registro do 2º encontro, onde foi feito experimentos relativos a lei de Snell, com o objetivos de compreender como a luz se comporta em troca de meio.



Registro do 3º encontro, primeira prática maker, com as instruções iniciais, os alunos devem construir uma lente. Para melhor compreensão será feito uma exposição de lentes.

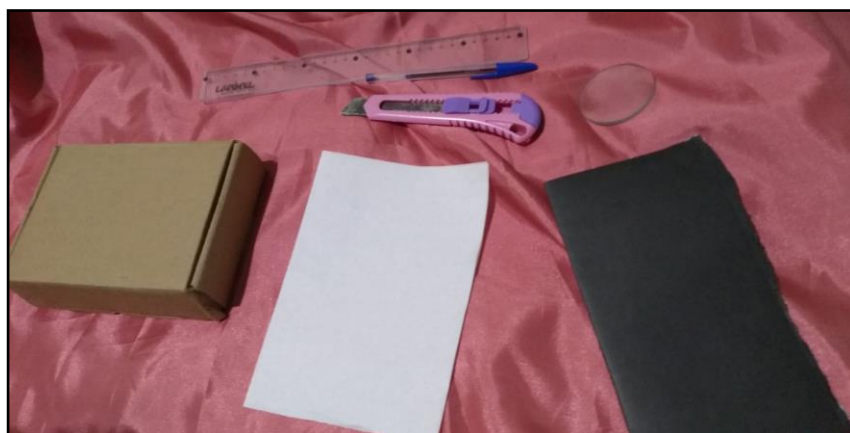


Registro do 4º encontro, a segunda prática maker os estudantes construíram uma câmara que terá o funcionamento aproximado ao olho humano (em quesito de óptica geométrica).



Registro do 5º encontro, uma demonstração de aplicação dos conteúdos estudados para montar um microscópio caseiro. Com ele é possível, além de resolver um problema legislativo com relação ao laboratório de biologia,

Para que os alunos podem fazer a montagens da câmera escura, foi feita a entrega dos materiais para os estudantes que não tinham como conseguir os mesmos, seja por cuidados a saúde (por conta da pandemia) ou por questão financeira. A entrega foi feita pelo próprio professor e os materiais eram a caixa, papel filme, cartolina preta, uma lente e fita isolante (não esta no registro).



ANEXO B - O PRODUTO EDUCACIONAL**SEQUÊNCIA DIDÁTICA****ENSINO DE
LENTEs COM
USO DE
PRÁTICAS E
SIMULAÇÕES****POR ANDERSON MOTA**

© Anderson Mota

O uso de sequências didáticas tem tido cada vez mais força no fazer pedagógico, pois permitem a estudantes e professores um caminho simples e organizado na busca de processos que resultem em aprendizagem significativa. Este produto educacional tem o objetivo de demonstrar a aplicação de uma sequência didática para o ensino de Óptica Geométrica focado em lentes sendo desenvolvida com estudantes da 3ª e 2ª Séries do Ensino Médio. Ao longo desta sequência se deu ênfase a saberes teóricos, atividades experimentais, a atividades práticas, que hoje fazem parte da cultura maker, uso de simulação e pesquisas sobre aplicações dos temas em situações do cotidiano com vistas a desenvolver uma visão crítica dos estudantes sobre a aplicação de conceitos físicos. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria do ensino de Bruner são os fundamentos teóricos que embasam todo o caminho percorrido neste trabalho. A avaliação desta atividade foi realizada ao longo de todo o processo de implementação da sequência didática, dando-se atenção na busca de diferentes instrumentos avaliativos a fim de perceber indícios da existência de aprendizagem significativa crítica nas respostas dos estudantes. Com o uso dos diferentes instrumentos avaliativos podemos afirmar que a sequência didática foi bem sucedida em sua aplicação, desde os resultados apresentados nas avaliações somativas, nos resultados obtidos das práticas maker, até a capacidade dos estudantes de se portarem de forma reflexiva e crítica, em relação a sua percepção e a utilização dos conhecimentos em seu cotidiano.

Esse é o produto educacional desenvolvido durante o Mestrado Profissional de Ensino da Física (MNPEF) apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

REALIZAÇÃO:

- Mestrado Profissional em Ensino da Física.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).
- Polo 46 - Universidade Federal de Pernambuco, Campos Agreste.

AUTOR:

Anderson da Mota Moreira

ORIENTADOR:

João Francisco Liberato de Freitas

SUMÁRIO

Conceitos importantes	8
O uso de simuladores	10
Experimentos no ensino da física	12
O movimento maker	13
A sequencia didática	17
Os encontros	19
Considerações sobre o processo	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1.

CONCEITOS IMPORTANTES

A sequência didática é uma estratégia educacional que busca ajudar os alunos a resolverem uma ou mais dificuldades reais sobre um tema específico. Seu resultado vem a partir da construção e acumulação de conhecimento sobre o assunto em questão, obtido por meio do planejamento e execução, ao longo de um período de tempo, com várias atividades que conversam entre si, realizada em encontros previamente combinados, os alunos saberão o que será estudado e desenvolvido em cada encontro de forma prévia, assim como o objetivo de cada um dos encontros e o objetivo da sequência didática como um todo.

O diferencial da sequência didática enquanto estratégia de melhoria do aprendizado dos estudantes é que as atividades são elaboradas e desenvolvidas seguindo uma lógica sequencial de compartilhamento e evolução do conhecimento. Deixando claro o caminho a ser percorrido e onde a sequência levará o aluno.

Com essa estratégia, os professores esperam dar mais sentido ao seu processo de ensino e, ao mesmo tempo, aumentar o engajamento dos alunos nas atividades pedagógicas, e, com isso, seu aprendizado.

Foram selecionado 10 alunos, pelos professores de física, química e biologia, uma vez que são as disciplinas que compõem o eixo de naturezas estudado no ensino médio. Um grupo bem heterogêneo com alunos com competências nas três áreas da ciências.

“É POSSÍVEL ENSINAR
QUALQUER ASSUNTO DE
MANEIRA
INTELECTUALMENTE
CORRETA A QUALQUER
CRIANÇA EM QUALQUER
ESTÁGIO DO
DESENVOLVIMENTO” (BRUNER,
1973. P 31)

2.

O USO DE SIMULADORES

Hoje é bem difundido como ferramenta de ensino, o simulador já tem tomado espaços em locais de ensino de forma a substituir a falta de estrutura laboratorial (A. M. Moreira, 2015). Uma das ferramentas mais conhecidas é o PhEt, sitio eletrônico desenvolvido pela Universidade do Colorado já com o objetivo de auxiliar o professor na alfabetização científica de jovens nas áreas das ciências da natureza e matemática.

Além do sitio PhEt⁹, que tem como vantagem os simuladores já prontos e de fácil aplicação em sala, temos a possibilidade de usar linguagens de programação e programas que podemos usar como ferramentas de ensino. O Python® é a linguagem que mais tem sido usada para simuladores. Para quem não quer se aventurar em programação, temos programas como o Modellus® e o Algodoo®, onde podemos simular movimentos diversos em áreas da física. Ambos são gratuitos ao público.

Uma outra ferramenta que podemos usar, não chega a ser um simulador, porém é um forte aliado no ensino significativo, é o Tracker®, com ele possível fazer estudo em vídeo análise de diversos tipos de movimentos.

O papel do professor neste método de ensino, que utiliza uma ferramenta computacional para exemplificar um fenômeno físico, é de auxiliar o estudante nas interações com as simulações (COSTA & BARROS, 2015), oportunizando a aprendizagem de forma mais atrativa e permitindo ao aluno a construção de conhecimentos significativos.

Os estudantes terão a oportunidade de reestruturar e organizar o conhecimento adquirido com auxílio do professor nas interações dos fenômenos físicos nas simulações. Desta forma, acredita-se que os alunos se sentirão motivados a aprender, e inteirar-se dos conteúdos da Física por intermédio desta inovação metodológica no ensino aprendizagem, ferramenta importantíssima do mundo moderno (MOITA, VERASZTO & CANUTO 2011).

Para o desenvolvimento desse trabalho, usaremos o Algodoo®, pois o programa de simulação com maior proximidade com os fenômenos estudados e

⁹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/

com os resultados esperado nos experimentos. No QR-Code¹⁰ tem algumas aplicações do AlgoDoo® e como é o ambiente.



¹⁰ <https://youtu.be/kdQQtusjnE4>

3.

EXPERIMENTOS NO ENSINO DA FÍSICA

Uso de experimentos a baixo custo, assim como os simuladores, também tem sido uma saída para a falta de estrutura laboratorial. Uma das dificuldades de se fazer esse tipo de ferramenta é que as vezes adaptar um experimento para torná-lo baixo custo, acaba sendo impossível.

Mas, alguns experimentos são simples, baratos e tem um efeito pedagógico expressivo. Um dos movimentos mais ativos na atualidade é o Maker, geralmente atrelado a um ambiente voltado ao ensino prático. Então o objetivo é que os estudantes coloquem a mão na massa e construam soluções que para eles eram impossível. Usando dessa mesma filosofia, um experimento a baixo custo faz com que o estudante busque soluções criativas para construir o conhecimento a partir de objetos que o mesmo poderá construir nesse ambiente maker.

Um exemplo é a construção de um estilingue pra lançamento de projeteis. Quando pronto, podemos relacionar com diversos contudo físicos. Além das relações com os conteúdos, podemos inserir um outro conhecimento prévio.

4.

O MOVIMENTO MAKER

Em um nível primário, a cultura do Faça Você Mesmo (DIY - Do It Yourself) traz a ideia do reaproveitamento e/ou conserto de objetos, ao invés do descarte e aquisição de novos. Em uma análise mais profunda, o DIY propõe uma mudança de visão sobre o que significa possuir algo, e também sobre os hábitos de consumo incutidos na visão de mundo dominante. Os avanços da indústria fizeram com que as pessoas perdessem o contato com as ferramentas e as iniciativas de conhecer aquilo que consomem.

O movimento maker estende esse pensamento para outros campos da sociedade, como por exemplo a educação. Hoje o conhecimento é apresentado de forma pronta e estruturada, quase como se tivesse sido fabricado. O estudante consome as aulas - sem compreender como certos conceitos foram criados, com foco apenas no conteúdo que cada disciplina tem a transmitir.

Enquanto que na abordagem de aprendizagem por resolução de problemas (ou desafios), tão disseminada em espaços de educação maker, é preciso quebrar os problemas em partes, partir de pressupostos para então chegar à solução, formulando teorias e construindo-as por meio da experimentação. Neste sentido, a educação associada ao movimento maker é diferenciada em relação às aulas tradicionais porque o aluno adquire ferramentas para compreender e aprimorar os conhecimentos recebidos nas aulas expositivas, ou seja, o estudante aprende a aprender.

A base do movimento maker, então, encontra-se na experimentação. Para a educação, a ampla exposição à experimentação pode significar processos de aprendizagem que promovam o trabalho coletivo e a resolução de problemas de forma criativa e empática. A estas atividades também se atribui uma maior taxa de retenção do conhecimento, tendo cerca de 50 % quando ocorrem discursão, 75% quando praticamos o conhecimento e cerca de 90% quando ensinamos outros. (MAGENNIS; FARRELL, 2005).

Além disso, as situações de aprendizagem por desafios, ou para a resolução de problemas, promovem o protagonismo e a autonomia dos estudantes, colocando-os no centro do próprio processo de aprendizagem.

Neste sentido, o movimento maker vem sendo considerado como o próximo salto educacional e tecnológico, apresentando-se como alternativa às aulas

tradicionais, que priorizam as metodologias expositivas consideradas passivas e repetitivas pela maioria dos estudantes.

5.

O PROFESSOR DOUTOR CID BARTOLOMEU DE ARAÚJO

De forma introdutória, as palavras do professor Cid Araujo é o melhor ponto de partida para a sequencia didática, pois ele é um pesquisador cimo na área da óptica e ser geograficamente próximo dos estudantes, fará com que os conceitos apresentados se tornem mais atrativo.

O professor é "graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco -UFPE (1968), Mestrado em Física (1971) e Doutorado em Física (1975) pela PUC do Rio de Janeiro. Pós-doutorado na Harvard University (1976-1977) nos EUA.

Professor no Departamento de Física da UFPE desde julho de 1971. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE (1989 a 2013). Professor Emérito-UFPE-Recife. Tem bolsa de pesquisador do CNPq desde janeiro de 1978 (classificado no Nível 1A desde 1985).

É Membro Titular da Academia Brasileira de Ciências e Academia Pernambucana de Ciências. Agraciado com o prêmio Galileu Galilei concedido pela International Commission for Optics (ICO). Eleito Fellow da Optical Society of America (OSA) e Fellow da The World Academy of Sciences (TWAS). É Membro da Ordem Nacional do Mérito Científico (Classes: Grã Cruz e Comendador).

Até maio de 2021 publicou 348 artigos em revistas científicas internacionais, 14 capítulos de livros, editou 1 livro publicado por Editora internacional e contribuiu com mais de 500 comunicações em congressos nacionais e internacionais. Os trabalhos publicados têm mais de 9500 citações na base de dados do Google Scholar e índice H=48. Orientou 44 Dissertações de Mestrado, 27 Teses de Doutorado e 20 Pós-doutorandos.

Foi Professor Visitante na Université d'Angers (França) e Pesquisador na Universidade Estadual de Campinas, École Polytechnique (Palaiseau, França) Université Paris-Nord, I.B.M.-Thomas J. Watson (New York). Membro do Quadro Editorial da Optical Materials (Amsterdam) 1991-1995; Brazilian Journal of Physics 1991-2007 (Editor entre 1992 e 1995); Applied Physics Letters 2013-2015; Journal of Applied Physics 2013-2015; APL Photonics 2019-2021.

Atua na área de Física, com ênfase em Propriedades Ópticas de Sólidos, Óptica Não Linear e Fotônica. Nos últimos anos tem se dedicado ao estudo de vidros especiais para Fotônica, e sistemas nanoestruturados para aplicações na Nanofotônica e Plasmônica”. Essa apresentação foi retirada do currículo Lattes¹¹ do professor, esse texto foi escrito pelo próprio.

Com um currículo vasto de grandes atuações e premiações, o professor bilhantou esse trabalho com uma palestra (de forma remota e no padrão de entrevista). Cid Araujo é a sumidade quando se trata de óptica e a entrevista dada por ela foi o ponto de partida, onde os alunos tiveram contado, mesmo que de forma virtual, com alguém que vive na fronteira das pesquisas.

¹¹ <http://lattes.cnpq.br/7109489698613515>

6.

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA



OBJETIVO:

Capacitar os alunos para compreender o fenômeno da refração mediante o estudo das lentes aplicadas em casos de biologia e social. Além de torna-los independentes como seres críticos a respeito dos conteúdos vivenciados.



DURAÇÃO:

5 horas e 50 minutos de forma síncrona e 8 horas de forma assíncrona.



PERIODICIDADE:

1 hora e 10 min por semana, em média, de forma síncrona e 4 horas de forma assíncrona semana não, semana sim.



METODOLOGIA:

Usaremos o modelo DIY adaptado (faça-você-mesmo) que é o método de construção, modificação ou reparação das coisas para construir o conhecimento, no nosso caso, com auxílio de um mediador.



CONTEÚDO ABORDADO:

A lei de Snell, o fenômeno da refração e o lentes esféricas.



OBJETIVO PRETENDIDO:

Desenvolvimento da autonomia e autoconfiança para a pesquisa e apropriação de lei de snell no fenômeno da refração, assim como aplicações em soluções de situações envolvendo a biologia.

7.

OS ENCONTROS

1º ENCONTRO: APRESENTAÇÃO GERAL

OBJETIVO:

Apresentar de modo formal o que será desenvolvido e gerar um parâmetro comparativo.

MATERIAL USADO:

- Vídeo de entrevista feita com o Prof. Drº Cid Araújo com intuito de introdução ao estudo da óptica geométrica.
- Formulário Google para aplicação do pré-teste de forma a ter parâmetros comparativos da evolução cognitiva do estudante.



ATIVIDADES:

- Apresentação da Sequência.
- Vídeo de Cid Araujo e debate.
- Aplicação do Pré-teste.

DESTAQUES:

A apresentação da sequencia mostrando todas as etapas gera um expectativa no estudante, para chegar em cada momento do estudo. Prof. Drº Cid Araújo gerou no estudante a vontade de se aprofundar mais nos estudos da óptica.

AÇÃO DOCENTE:

- Sensibilizar a turma para a proposta do trabalho.

- Demonstrar-se receptivo e acessível à escuta.
- Diagnosticar o conhecimento da turma com relação aos fenômenos a serem estudados.
-

ROTEIRO:

- A apresentação de tudo que será vivenciado de forma transparente. Essa apresentação pode ser em projeção ou em um resumo feito em uma tabela.
- Para critério de comparação e evolução dos estudantes, é aplicado um questionário elaborado pelo professor, com a temática de refração, reflexão e outros fenômenos que o professor queira comentar durante a aplicação da sequência, assim os estudantes podem vê o crescimento no fim da sequência.
- Depois da apresentação, apresente o vídeo¹² do Prof. Drº Cid Araújo, para acesso ao vídeo ler o QR-Code em materiais.
- Tentar gerar no grupo de estudantes questionamentos e ressaltar pontos importantes da fala de Drº Cid Araújo, evitar ficar parando o vídeo, para não ficar cansativo.

¹² https://www.youtube.com/watch?v=KElt0djCxZY&list=PLrPXH-ySqGuT51LErgIr4zY1q_HHI6RVM&index=1

2º ENCONTRO: O FENÔMENO DA REFRAÇÃO

OBJETIVO:

Confrontar o conhecimento do senso comum com conceitos e experimento. Debater sobre o assunto da refração, desconstruir o que for dado como senso comum.

MATERIAL USADO:

- Reservatório com água.
- Uma garrafa com água.
- Laser apontador.
- Objetos de formato cilíndrico.
- Um brinquedo.
- Água.
- Jamboard (ferramenta digital)



ATIVIDADES:

- Fazer exposição da Lei de Snell.
- Demonstrar o formalismo algébrico da lei.
- Realizar experimentos para tornar o aprendizado significativo.

DESTAQUES:

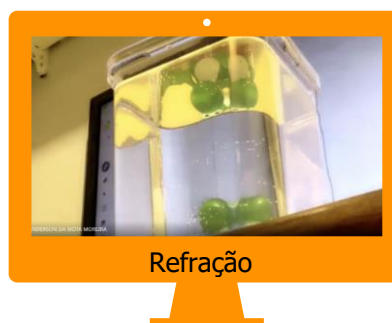
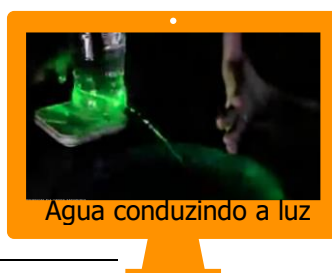
Durante a realização dos experimentos, fazer o máximo para que os alunos possam notar a refração total em superfícies de troca de meios, assim como no confinamento da luz em filamentos de água.

AÇÃO DOCENTE:

- expor o conteúdo de forma clara.
- Realizar o experimento de forma compreensível para que o aluno, se caso quera, possa replica-ló.

ROTEIRO:

- Inicie o segundo encontro apresentando os materiais, assim os alunos ficaram mais curiosos para o que será exposto.
- Antes de fazer a prática, fazer uma exposição do conteúdo. O aprofundamento dessa exposição vai depender do grupo de estudantes, pondere mediante o resultado no questionário aplicado no primeiro encontro. Nesse momento não comente sobre a refração total, pois esse fenômeno poderá ser presenciado em experimentos.
- Apos a exposição, inicie a prática fazendo o experimento simples, que é colocar objetos na água para gerar o efeito de "quebra" do objeto, por conta da refração.
- Link o que os estudantes estão vendo com o assunto estudado e já puxe o gancho para a refração total, tente fazer com que o estudante veja a refração total da luz (efeito espelho na água), nesse momento faça um exposição simplificada do que esta sendo vivenciado.
- Por fim realize o experimento da fibra óptica na água, veja o vídeo¹³ no QR-Code em materiais. Tente fazer com que os estudantes relacionem o efeito espelho que presenciaram com o que estão vendo com a luz sendo conduzida pela água.



¹³ <https://www.youtube.com/watch?v=F69tWoZa4ic&t=120s>

3º ENCONTRO: CONSTRUINDO LENTES

OBJETIVO:

Compreender como uma lente conduz a luz, saber que construir uma lente com materiais reciclados e determinar o foco de uma lente a partir de uma observação.



MATERIAL USADO:

- Garrafa plástica.
- Marcador permanente.
- Tesoura.
- água.
- Cola quente ou Resina epoxi.
- Jamboard (ferramenta digital)

ATIVIDADES:

- Demonstrar o passo a passo da montagem de uma lente (1ª prática)
- Estudar de forma compreensível o principal fenômeno que faz uma lente funcionar.
- Fazer simulado em AlgoDoo® de formação de imagem no olho.

DESTAQUES:

Durante a exposição, ficar sempre relacionando os assuntos com a vida social do aluno, como por exemplo o funcionamento de um projetor (na parte que cabe a óptica correlacionar).

AÇÃO DOCENTE:

- Fazer exposição de formação de imagem.

- Fazer simulado em AlgoDoo® de forma que o estudante compreenda como as lentes operam a refração.

ROTEIRO:

- Novamente inicie o encontro apresentando os materiais e fazendo um rápido resumo do que será feito/estudado nesse encontro, dessa vez deixe claro que o aluno irá ter que replicar a prática feita em sala.
- Depois desse momento de introdução ao encontro, inicie a parte da exposição apresentando ao aluno as lentes, uma dica é mostrar uma imagem do celular sendo projetada em uma parede com o uso da lente.
- Para essa exposição será um boa prática usar o AlgoDoo¹⁴ para simular uma lente divergente e convergente, corroborando com o que foi teorizado.
- Apos a exposição e da apresentação no simulador, antes de iniciar a prática, faça uma ligação da fala exposta com o vídeo do professor Cid no primeiro encontro, colocar que uma lente é uma perturbação no meio e que essa perturbação no nosso caso é a mudança da velocidade da luz ocasionada pela refração, ajudará ao estudantes compreender como se pode fazer uma lente.
- Inicie a montagem da lente seguindo as instruções do QR-code¹⁵ em materiais. Tente ser bem cuidadoso pois qualquer mancha que ficar na parta da garrafa vai dificultar a formação da imagem.



¹⁴ link para download: <http://www.algodoo.com/download/>

¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=iGgO82eBSAI&t=10s>

4º ENCONTRO: O OLHO ARTIFICIAL

OBJETIVO:

Observar como imagens são formadas e usar da óptica geométrica para estimar valores de comprimentos complicados de se medir. Comparar as aplicações dos conceitos de formação de imagem de antigamente com hoje em dia, discutir prováveis aplicações para esse assunto.

MATERIAL USADO:

- Caixa de papelão.
- Tesoura.
- Papel seda.
- Cartolina preta.
- Fita isolante (ou qualquer fita preta).
- Uma lente de lupa.
- Cola quente ou maxepoxi.
- Jamboard (ferramenta digital)



ATIVIDADES:

- Fazer exposição de formação de imagem.
- Fazer simulado em AlgoDoo® de formação de imagem no olho.
- Demonstrar o passo-a-passo da montagem de uma câmera escura com lente (2ª prática maker).
- Apresentar como são feita algumas correções na visão.

DESTAQUES:

Durante a exposição, ficar sempre relacionando os assuntos com a vida social do aluno, como por exemplo o funcionamento de um projetor (na parte que cabe a óptica correlacionar).

AÇÃO DOCENTE:

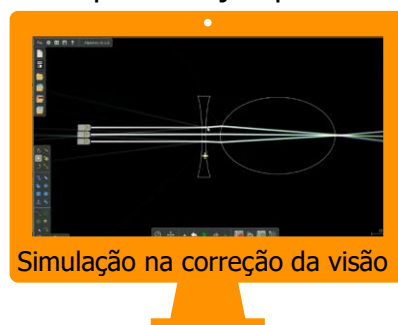
- expor o conteúdo de forma clara.
- Demonstrar as etapas na produção de uma câmera escura com foco na formação de imagem relacionando ao olho humano.

ROTEIRO:

- Inicie o encontro apresentando os materiais e fazendo um rápido resumo do que será feito/estudado nesse encontro, novamente deixe claro que o aluno irá ter que replicar a prática feita em sala.
- Depois da introdução, comece falando das lentes montadas no encontro anterior, se alguém tiver feito errado ou tido dificuldades, tente ver o que ocorreu. Vale deixar pontuado nesse momento que a lente montada pelos alunos tem a mesma função quem uma lente de vidro.
- Agora é a hora de “interdisciplinar” com a biologia, um dos eixos da ciência da natureza. Para isso inicie uma exposição falando do olho humano. Claro que os alunos vão ter um certo domínio nesse assunto, porém vá conduzindo um debate para lentes, falando do cristalino, que é uma lente similar a que foi feita pelos alunos.
- Essa exposição tende a ter mais informações que as anteriores, pois tem-se que sempre está ligando o assunto de lentes com o funcionamento do olho. A formação da imagem do cristalino na retina, e como o olho faz para focalizar uma imagem. Relacione o olho com uma câmera escura com lentes, aqui é importante você já ter uma montagem feita, isso ajudará nessa relação.
- Para auxiliar na exposição, faça uma simulação no AlgoDoo® de como o olho funciona. Ainda na simulação é esse o momento de se demonstrar como a miopia e a hipermetropia (problemas de má formação do bloco ocular) faz com que a pessoa não consiga enxergar direito, seja de perto, ou de longe.

— Nesse momento devemos simular como as lentes corretivas agem para que as pessoas com a má formação possam enxergar com auxílio dos óculos.

— Depois da exposição, iniciar a prática, que é a montagem da câmera escura com uso de uma lente. Para isso veja o QR-Code¹⁶ na lista de material. Quando finalizar a montagem, faça uma apresentação para os estudantes.



5º ENCONTRO: SOMBRAS DE PROTOZOÁRIOS

¹⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=yZlt8VgjKdc&t=85s>

OBJETIVO:

Concluir tudo que foi passado e vivenciado. Sintetizar todo o conhecimento adquirido de forma a ser visto o aprendizado. Concretizar a aprendizagem e mostrar possibilidades de aplicação. Adquirir informação sobre a aprovação da sequência e obter dados para comparação e saber a eficiência da sequência.

MATERIAL USADO:

- Formulário Google para aplicação do pós-teste de forma a ter parâmetros comparativos da evolução cognitiva do estudante.
- Montagem de suporte para apontador laser e seringa.
- Um apontador laser.
- Uma seringa.
- Jamboard.
- Água em vários ambientes.



ATIVIDADES:

- Apresentar ao estudantes o mundo dos protista.
- Montar o microscópios caseiro
- Demonstrar como um aplicação da física pode solucionar dificuldades (aplicado ao laboratório de biologia).

DESTAQUES:

A percepção do conhecimento não é ligado ao espaço escolar e muito menos ao professor. A concepção adquirida de que, embora o aluno não saiba ou não conheça muito sobre o fenômeno da refração, ele sabe onde e como observar esse fenômeno.

AÇÃO DOCENTE:

- Apresentar o microscópio caseiro para ver protozoários e mais.

- Ouvir os alunos.
- Avaliar o processo e autoavaliar.
- Convide um professor de Biologia para participar desse momento, uma vez que será muito rico para ambas as disciplinas.

ROTEIRO:

- Inicie o encontro fazendo uma retrospectiva de tudo que foi vivenciado até o momento. Vale colocar que esse será o último encontro, finalizando assim o período de aplicação da sequência.
- Depois da retrospectiva, dessa vez não fale sobre o material nem sobre o que será estudado, assim criar no estudante uma curiosidade.
- Inicie fazendo uma exposição sobre a história dos microscópios, e sua importância, depois seja mais específico com relação a aplicação física do microscópio.
- Agora que foi finalizada a exposição de aplicação de lentes no equipamento (lembre de comentar sobre associação de lentes), hora de começar uma forma de aplicação.
- Já com a montagem do microscópio caseiro feita previamente, ver QR-Code¹⁷ na lista de materiais, apresente para os seus alunos e escolha a origem das amostras que irá ser analisado.
- Faça questionamento sobre se os estudantes acham que a amostra estava pura ou não (aparentemente), escolha amostras de forma sábia.
- Analise as amostras e deixe com que os alunos e o convidado de biologia curtam a vida dos protozoários contidos na amostra. Se tiver uma seleção de amostra mais cuidadosa será possível ver até um verme.

¹⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=7HAdiWklvA&t=136s>

- Depois de toda a análise, fazer um rápido comentário relacionando essa aplicação com tudo que foi estudado.
- Aqui também vale a pena fazer um fechamento da sequência.
- Apos o fechamento aplique o pós-teste, lembre que ele será uma das ferramentas para analisar a evolução dos alunos.



CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO

Durante todo o processo os alunos tiveram uma boa participação. A apresentação da sequência didática fez com que os estudantes tivessem expectativas e a medida que as etapas eram concluídas e a realidade atendia a expectativa, os estudantes ficavam empolgados com tudo que estavam vivenciando.

Sempre focado no objetivo de capacitar os alunos para compreender o fenômeno da refração mediante o estudo das lentes aplicadas em casos de biologia e social. Além de torna-los independentes como seres críticos a respeito dos conteúdos vivenciados.

Esse objetivo foi bem sucedido uma vez que quando terminava os encontros, uma vez que os alunos relacionando o que estudamos com o que eles vivem. Um exemplo foi uma aluna que relacionou a doença de glaucoma com o escurecimento do cristalino, ai compreendeu que a cirurgia era a troca dessa lente. Outro aluno perguntou se a cirurgia de miopia também trocava o cristalino.

Com essas pergunta vemos que a interdisciplinaridade foi alcançada, uma vez que com a física e estudo sobre lentes, os estudantes questionaram o que vivem.

Vale deixar claro que esse produto não é uma obra final, ele é volátil e adaptável, cabendo a cada professor escolher a melhor forma de usar em suas aulas, adicionado conteúdo ou usando partes da sequência. Podendo até servir de inspiração para novos produtos educacionais.