



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Sociedade Brasileira de Física  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

**Ronald dos Santos Merlim**

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE  
REFRAÇÃO E LENTES COM ENFOQUE EXPERIMENTAL**

Campos dos Goytacazes/RJ

2019, 2



**Ronald dos Santos Merlim**

UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE REFRAÇÃO  
E LENTES COM ENFOQUE EXPERIMENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Pierre Schwartz Augé

Campos dos Goytacazes/RJ

2019, 2

Biblioteca Anton Dakitsch

CIP - Catalogação na Publicação

M768u DOS SANTOS MERLIM, RONALD

UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS  
SOBRE REFRAÇÃO E LENTES COM ENFOQUE EXPERIMENTAL /  
RONALD MERLIM - 2019.

225 f.: il. color.

Orientador: Pierre Schwartz Augé

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,  
2019.

Referências: f. 121 a 126.

1. Ensino. 2. Física. 3. Aprendizagem Significativa. 4. UEPS. I.

Schwartz Augé, Pierre, orient. II. Título.

UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE REFRAÇÃO  
E LENTES COM ENFOQUE EXPERIMENTAL

Ronald dos Santos Merlim

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

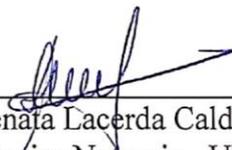
Aprovado em 30 de outubro de 2019.

Banca Examinadora:



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosana Aparecida Giacomini  
Doutora em Química - UNICAMP

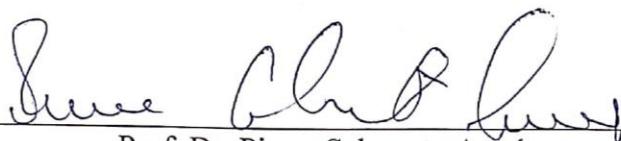
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Lacerda Caldas  
Doutora em Ciências Naturais - UENF  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro



Prof. Dr. Tiago Desteffani Admiral  
Doutor em Ciências Naturais - UENF  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro



Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé  
Doutor em Educação - UFF  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro

## **DEDICATÓRIA**

A Deus por me fornecer sabedoria e força em todos os momentos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus por tudo o que tem feito em minha vida.

A minha família, principalmente a minha irmã Vanessa, companheira de viagem e de turma no mestrado.

Aos meus colegas Flávia, Pablo, Tiago, Viviane, Dilcineia, João Pedro, Clotildes e Rayana pelo companheirismo e amizade.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

Aos professores, Boldo, Cristine, Cassiana, Renata, Pierre, Vantelfo e Wander pelo apoio e pela dedicação.

Em especial ao meu orientador, professor Pierre, pelo carinho e pela dedicação que tem me dado desde o início deste trabalho. Serei grato eternamente.

Os meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

### UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE REFRAÇÃO E LENTES COM ENFOQUE EXPERIMENTAL

Ronald dos Santos Merlim

O presente trabalho apresenta como objetivo principal elaborar e analisar, quanto à aprendizagem, um produto educacional nos moldes de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de Refração e Lentes com enfoque experimental, físico e virtual, em nível médio, com inserções de conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). O produto elaborado é composto de dez atividades investigativas pautadas nas concepções alternativas, a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a consolidação, que são princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel. No intuito de compreender melhor a participação dos alunos por meio das atividades e da interação com os colegas e com o professor-pesquisador, optou-se por uma pesquisa qualitativa, nos moldes de um estudo de caso. A análise dos dados permitiu a escolha de tais categorias: concepções alternativas, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, aprendizagem significativa/consolidação e atitude. A partir dos resultados obtidos, pode-se inferir um engajamento cognitivo e atitudinal consistentes, permitindo apontar para o potencial do material didático quanto à aprendizagem significativa.

**Palavras-chave:** UEPS, Teoria da Aprendizagem Significativa, Refração, Lentes, Experimentos.

## ABSTRACT

### POTENTIALLY SIGNIFICANT TEACHING UNITS OF REFRACTION AND LENSES WITH AN EXPERIMENTAL APPROACH

Ronald dos Santos Merlim

The present work presents as main objective to elaborate and analyze, as for learning, an educational product in the mold of a Potentially Significant Teaching Unit (PSTU) for the teaching of Refraction and Lenses with experimental, physical and virtual focus, at medium level, with insertions of concepts of Modern and Contemporary Physics (MCP). The elaborated product is composed of ten investigative activities based on the alternative conceptions, progressive differentiation, integrative reconciliation and consolidation, which are principles of Ausubel's Meaningful Learning Theory (MLT). In order to better understand the participation of students through activities and interaction with peers and teacher-researcher, we opted for a qualitative research, following a case study. Data analysis allowed the choice of such categories: alternative conceptions, progressive differentiation, integrative reconciliation, meaningful learning / consolidation and attitude. From the results obtained, it can be inferred a consistent cognitive and attitudinal engagement, allowing to point to the potential of the didactic material regarding meaningful learning.

**Key words:** PSTU, Theory of Significant Learning, Refraction, Lenses, Experiments.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica.....	19
Figura 2: Esquema de um mapa conceitual.....	21
Figura 3: Esquema de assimilação para Ausubel. ....	22
Figura 4: Mapa conceitual sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. ....	23
Figura 5: Esquema de uma UEPS .....	24
Figura 6: Propagação e frentes das ondas.. ....	30
Figura 7: Raios incidente, refletido e refratado.....	32
Figura 8: Índice do meio e refração da luz.....	33
Figura 9: Dispersão Cromática.....	33
Figura 10: Dispersão Cromática.....	33
Figura 11: Formação do arco-íris. ....	34
Figura 12: Reflexão interna total.....	35
Figura 13: Formação de miragens. ....	37
Figura 14: Elementos de uma lente. ....	37
Figura 15: Raios notáveis e formação de imagens em uma lente. ....	38
Figura 16: Características das imagens em lentes divergentes e convergentes.....	39
Figura 17: Imagem de um microscópio composto. ....	40
Figura 18: Imagem de um telescópio. ....	41
Figura 19: Imagem do livro 1.....	45
Figura 20: Imagem do livro 2.....	47
Figura 21: Imagem do livro 3.....	48
Figura 22: Habilidades e competências da disciplina de Física no Ensino Médio.....	53
Figura 23: Exemplo de questão.....	56
Figura 24: Aplicação do questionário de coleta dos conhecimentos prévios.....	64
Figura 25: Aplicação da atividade com os vídeos.....	68
Figura 26: Alunos realizando a terceira atividade investigativa. ....	70
Figura 27: Kit da atividade experimental .....	72
Figura 28: Alunos realizando experimento físico da refração.. ....	72
Figura 29: Alunos realizando experimento virtual da refração.....	74
Figura 30: Alunos realizando experimento sobre formação de imagens com lente.....	86
Figura 31: Atividade realizada por dois alunos.....	87
Figura 32: Alunos realizando a oitava atividade investigativa.....	88

Figura 33: Apresentação do seminário .....	94
Figura 34: Microscópio construído pelos alunos. ....	94
Figura 35: Imagens e material biológico ampliado pelo microscópio. ....	95
Figura 36: Luneta construída pelos alunos.....	96
Figura 37: Turma realizando o mapa conceitual. ....	97
Figura 38: Mapa conceitual elaborado pela aluna A7.....	97
Figura 39: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A25 .....	98
Figura 40: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A4. ....	99
Figura 41: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A21. ....	100
Figura 42: Mapa conceitual elaborado pela aluna A2.....	100

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Alguns materiais e seus índices de refração.....	31
Quadro 2: Livros aprovados pelo MEC para a rede pública do país.....	43
Quadro 3: Estrutura Curricular do Ensino Médio – Curso Normal da SEEDUC RJ.....	51

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado da questão 1.....	76
Gráfico 2: Resultado da questão 2.....	78
Gráfico 3: Resultado da questão 3 .....	79
Gráfico 4: Resultado da questão 4, letra A.....	80
Gráfico 5: Resultado da questão 4, letra B.....	80
Gráfico 6: Resultado da questão 2.....	82
Gráfico 7: Resultado da questão 3.....	83
Gráfico 8: Resultado da questão 4.....	83
Gráfico 9: Resultado da questão 5.....	84
Gráfico 10: Resultado da questão 6 .....	85
Gráfico 11: Resultado da questão 7.....	86
Gráfico 12: Resultado da questão 1 .....	89
Gráfico 13: Resultado da questão 2, letra A.....	89
Gráfico 14: Resultado da questão 2, letra B.....	90
Gráfico 15: Resultado da questão 3.....	91
Gráfico 16: Resultado da questão 4, letra A.....	92
Gráfico 17: Resultado da questão 4, letra B.....	92
Gráfico 18: Resultado da questão 5.....	93
Gráfico 19: Resultado da questão 1.....	101
Gráfico 20: Resultado da questão 2.....	102
Gráfico 21: Resultado da questão 3.....	103
Gráfico 22: Resultado da questão 4.....	104
Gráfico 23: Resultado da questão 5.....	105
Gráfico 24: Resultado da questão 6.....	105
Gráfico 25: Resultado da questão 7.....	106

## LISTA DE SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CN - Curso Normal

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

MEC - Ministério da Educação

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

NEJA - Nova Educação de Jovens e Adultos

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLD – Parâmetros Nacionais do Livro Didático

PNLEM - Parâmetros Nacionais do Livro do Ensino Médio

PUC - Pontifícia Universidade Católica

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

RJ – Rio de Janeiro

SEEDUC-RJ – Secretaria Estadual de Educação do Estado Rio de Janeiro

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

Unicamp - Universidade Estadual de Campinas

USP - Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL (TAS) .....	18
2.2	UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) ....	24
2.3	SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA .....	25
2.4	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	27
2.5	REFRAÇÃO DA LUZ .....	29
2.5.1	Conceitos Básicos.....	29
2.5.2	Índice de refração e refração da luz.....	30
2.5.3	Dispersão Cromática.....	33
2.5.4	Reflexão interna total.....	35
2.5.5	Tipos de imagens.....	36
2.5.6	Lentes delgadas.....	37
2.5.7	Instrumentos ópticos.....	39
3	METODOLOGIA .....	42
3.1	O ENSINO .....	42
3.2	A PESQUISA .....	49
3.2.1	Sujeitos.....	51
3.2.2	Instrumentos .....	55
4	DESCRIÇÃO DO PRODUTO.....	56
5	DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO.....	62
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	107
6.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	107
6.2	DIALOGANDO COM OS REFERENCIAIS TEÓRICOS .....	108
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	1177
	BIBLIOGRAFIA.....	121
	APÊNDICE .....	127
	Apêndice A Produto educacional .....	128

## 1 INTRODUÇÃO

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) afirma que o Ensino Médio tem por objetivo o pleno desenvolvimento do aluno, preparando para o exercício da cidadania e qualificando-o para o mercado de trabalho. Para isso, são trabalhados conhecimentos de diversas áreas como Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Linguagens e Matemática (BRASIL, 2006, p. 7). Entretanto, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) estas e outras áreas do conhecimento humano, devem ser instrumentalizadas com situações presentes na vida dos alunos para que o processo de ensino seja eficiente (BRASIL, 2006, p. 50). Os PCN afirmam que não existe uma única forma de organizar o conteúdo, o currículo é flexível de acordo com a realidade do educando e do educador. O trabalho escolar pode ser feito de diferentes maneiras, de acordo com o projeto pedagógico da escola.

Segundo Pena (2000), de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) o currículo do Ensino Médio apresenta referências do mundo do aluno e do professor nos diferentes contextos, na qualidade da informação, na introdução da ideia de modelo, na História da Ciência, experimentação, na construção do conhecimento e na interdisciplinariedade. Especificamente na disciplina de Física é destacada a sua importância [da disciplina] na formação do cidadão, pois ela permite desenvolver uma visão de mundo contemporânea e ao mesmo tempo compreender o processo histórico-filosófico e as novas tecnologias (PENA, 2000, p. 2).

Uma das grandes dificuldades no ensino de Física no Ensino Médio é o estudo de óptica geométrica, pois ela costuma ser ensinada baseada apenas nos aspectos geométricos, analisando o conceito de raio de luz, algo muito abstrato e estático, e na análise de situações específicas, como espelhos, prismas, lâminas de faces paralelas e lentes, sem evidenciar a propagação tridimensional da luz, a fonte da luz, como a luz interage com a matéria e o processo de visão. O ensino de óptica feito dessa forma, ou seja, desconsiderando a natureza da luz e o processo de visão, leva muitos alunos a construir o conhecimento de forma superficial e não significativa (GIRCOREANO; PACCA, 2001).

Diante dessa situação e na perspectiva de auxiliar o trabalho do professor em sala de aula e buscar a atenção do aluno, elaborou-se uma sequência didática sobre refração da luz e lentes esféricas, nos moldes das Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), segundo a visão de Moreira (2011), que se baseia na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (AUSUBEL, 2000).

O produto educacional, na perspectiva de uma UEPS, tem como principais suportes didáticos o uso de experimentos, tanto físicos, como virtuais. A utilização de experimentos permite que o aluno observe os fenômenos da óptica, propiciando um ambiente de aprendizagem potencialmente significativo, conforme Araújo e Abib (2003, p. 176), que afirmam que o uso de atividades experimentais têm sido uma das maneiras mais eficientes de diminuir as dificuldades de se ensinar Física.

Da mesma forma, lançar-se-á também mão de recursos experimentais num contexto de novas tecnologias, em específico, simulações computacionais. Tavares (2008) afirma que as simulações permitem aos alunos, em intervalo de tempo curto, observar fenômenos da natureza que geralmente são discutidos em aula de forma abstrata, além de possibilitar ao estudante repetir a observação do simulador quantas vezes ele quiser. Os simuladores podem ser muito úteis também para demonstrar experimentos complexos a serem realizados no ambiente escolar ou experimentos perigosos ou que envolvam materiais muito caros (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Com o avanço tecnológico computacional, os usos de métodos de aprendizado tradicionais tornam-se ineficientes e inadequados. A demanda por uma solução moderna e eficaz leva-nos ao conceito de *software* educacional. O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada em experimentos da Física real poderia ser considerado como uma solução para suprir esta demanda. (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 186-187).

Assim, na perspectiva do que foi explanada anteriormente, a questão central de pesquisa deste trabalho é: **que apreensões podem ser construídas diante de uma intervenção didática baseada em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, com ênfase em experimentação e simulação, para aprendizagem de refração da luz em nível médio?**

Ribeiro e Verdeaux (2012, p. 5) relatam que a óptica é uma área da Física muito ampla que se interligada com diversas outras áreas, como eletromagnetismo, Física Moderna, ondulatória, Física Quântica e a mecânica. Dentro da óptica, o conteúdo de refração da luz é ensinado de forma abstrata e fragmentado dividido em três partes: refração, lentes delgadas esféricas e instrumentos ópticos. Os conceitos são abordados dentro de uma linguagem matemática usando o princípio retilíneo da luz e a Lei de Snell sem realmente compreender o porquê desses fenômenos.

Analisando todos os fatores relatados e diante da questão central dessa pesquisa, o objetivo geral dessa pesquisa é verificar as apreensões de uma sequência didática voltada para o ensino de refração da luz e lentes esféricas, tópicos do conteúdo de óptica geométrica trabalhados na Educação Básica, seguindo o referencial teórico descrito. Os objetivos específicos são aplicar a sequência didática em uma turma de Ensino Médio de uma escola pública, possibilitar o contato dos alunos com experimentos simples e de baixo custo que auxiliem na aprendizagem de conceitos de óptica geométrica e avaliar a proposta a partir de comentários, observações e avaliação para verificar se há indícios de aprendizagem significativa.

O entendimento da natureza e os seus fenômenos, em especial da Física, é um elemento fundamental para formação do cidadão, no entanto, as dificuldades no ensino de Física não é algo novo e várias propostas para tentar solucionar essas dificuldades têm sido levantadas ao longo dos anos, e o recurso didático mais colocado em destaque é a experimentação, em virtude de estimular a participação dos estudantes e a tendência da construção de um ambiente motivador e facilitador da aprendizagem. A literatura mostra distintas possibilidades e tendências para as atividades experimentais e uma heterogeneidade em relação à temática da Física abordada, sendo atividades voltadas para o ensino da Mecânica as mais destacadas nos periódicos especializados na área (RIBEIRO; VERDEAUX, 2012).

A pertinência do uso de simuladores é defendida por diversos pesquisadores na área de ensino da Física, como Medeiros e Medeiros (2002); Araújo, Veit e Moreira (2004); Heckler, Saraiva e Oliveira Filho (2007); Cavacante e colaboradores (2001); Machado e Nardi (2006); Machado e Santos (2004); Rezende (2001); Silva e colaboradores (2004); Dorneles e colaboradores (2008; 2006); Anjos (2008); Silva (2009); Rezende, Garcia e Cola (2006); Moreira e Borges (2007); Paiva (2006); Rezende e Barros (2001). Martins e Garcia (2011), por exemplo, realizaram uma pesquisa da produção científica, entre 2000 e 2010, em cinco periódicos de abrangência nacional e destacam a importância de modeladores e simuladores como facilitadores da aprendizagem.

Com relação à fundamentação teórica, a Teoria de Aprendizagem que norteia a pesquisa se baseia principalmente em Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), associada à elaboração de UEPS. Moreira (2006) afirma que o núcleo firme da TAS desenvolvida por David Ausubel é a interação cognitiva não arbitrária e não literal entre o novo conhecimento e algum conhecimento prévio, chamado subsunçor, presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Para ocorrer aprendizagem significativa é necessário que o material

didático tenha significado lógico, o aluno tenha subsunçores relevantes e possua pré-disposição para aprender. Nessa perspectiva, a UEPS elaborada nesse trabalho, com o intuito de buscar indícios de aprendizagem significativa nos alunos, utiliza, principalmente, os recursos didáticos da experimentação e da simulação.

Quanto à metodologia da pesquisa, a investigação foi de natureza qualitativa, especificamente falando, um estudo de caso (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). Os instrumentos para a coleta de dados foram as observações docentes, as atividades realizadas pelos alunos ao longo do processo e uma avaliação final de conteúdo. A utilização da sequência didática foi realizada em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Frei Tomás, localizado no município de Itaocara-RJ, o qual o pesquisador é professor efetivo. A escolha de uma turma de terceiro ano do Ensino Médio é em virtude do Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012) abordar o conteúdo de refração da luz na última série da Educação Básica.

A dissertação é composta de sete capítulos. O capítulo 02 é dedicado aos subsídios da fundamentação teórica. Os temas principais são a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, o uso de experimentos e simuladores computacionais.

O capítulo 3, sobre a metodologia da pesquisa, os sujeitos e os instrumentos da investigação.

No capítulo 4 é apresentada a descrição do produto didático e no capítulo 5, a descrição da aplicação da proposta em sala de aula.

O capítulo 6 é dedicado a uma análise dos dados sob a referência dos aportes teóricos da pesquisa. A seguir, aparecem as considerações finais no capítulo 7.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda os referenciais teóricos que servem de suporte para a presente pesquisa. O capítulo é estruturado pelas seguintes seções: 2.1 – Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (TAS); 2.2 – Unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS); 2.3 – Simuladores computacionais para o ensino de Física; 2.4 – Atividades experimentais para o ensino de Física; e 2.5 – Refração da luz.

### 2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL (TAS)

Ausubel, de acordo com as classificações das Teorias de Aprendizagem, é considerado representante do cognitivismo, ou seja, acredita na aprendizagem como armazenamento organizado de informações na estrutura cognitiva. Sua preocupação é centrada na aprendizagem e para ele o fator isolado que possui maior importância na compreensão é aquilo que o aluno já sabe. Nesse sentido, cabe ao professor a função de identificar o conhecimento que o aluno traz com ele e a partir disso ensinar o novo conteúdo. No entanto, a experiência cognitiva não se limita a influência dos conceitos já estabelecidos sobre os conceitos novos da aprendizagem, mas também se relaciona a mudanças ocasionadas pela influência do material utilizado durante a aprendizagem. Portanto, há uma interação dos conceitos mais relevantes e inclusivos com o material novo, desempenhando um papel de ancoradouro, isto é, englobando e incorporando o material e, concomitantemente, modificando-se (MOREIRA, 2017, p. 160).

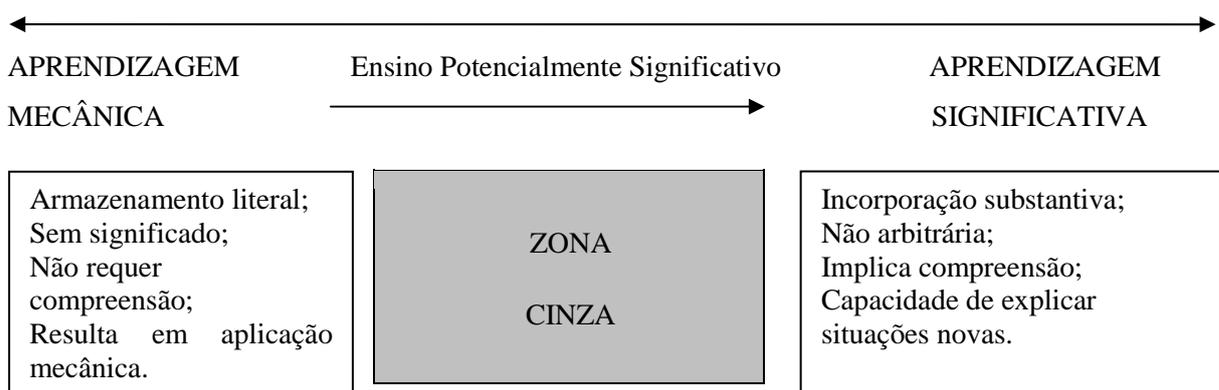
O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa que é definida como um processo o qual uma nova informação se relaciona com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do sujeito. Ausubel afirma que a aprendizagem significativa interage de forma substantiva e não arbitrária com aquilo que o indivíduo já sabe. No entanto, essa interação não é com qualquer ideia prévia, mas com algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz que seja especificamente relevante, chamado de subsunçor ou ideia-âncora. Quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes já presentes na estrutura cognitiva (ou seja, nos subsunçores), significa que ocorreu aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 41).

Moreira (2017, p. 162-163) afirma, no entanto, que esse processo de ancoragem da nova informação provoca crescimento e modificação do conceito subsunçor. Os subsunçores presentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem evoluídos, ou limitados e pouco desenvolvidos, em função da frequência com que ocorre aprendizagem significativa aliada a um determinado subsunçor.

No entanto, o próprio autor faz um questionamento sobre a origem desses subsunçores e declara que quando um indivíduo é exposto a um conhecimento novo, ele adquire essa informação por meio da aprendizagem mecânica até que na estrutura cognitiva dele tenha informações relevantes que possam servir de subsunçores que serão cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar informações novas. Crianças pequenas adquirem conceitos por meio do processo de formação de conceitos, que envolve abstrações e generalizações de instâncias específicas e, à medida que os conceitos são formados, eles serão empregados como subsunçores (MOREIRA, 2017, p. 162-163).

Quando há pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes na estrutura cognitiva, Ausubel fala que houve uma aprendizagem mecânica ou automática, sendo a informação armazenada de forma arbitrária e sem ligação a subsunçores específicos. Ausubel não estabelece uma diferenciação entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia e, sim, como um contínuo tendo uma “zona cinza” (MOREIRA, 2002, p. 12).

**Figura 1:** Esquema do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica.



Fonte: Moreira (2002, p. 12).

Pozo (1998, p. 210) declara que uma das contribuições de mais destaque é a diferenciação desses dois tipos de aprendizagem que seriam, a princípio, bem divergentes um do outro. Ausubel, no entanto, consegue evitar reducionismos e estabelece possibilidades de

interações entre associação e reestruturação na aprendizagem ao conceber a aprendizagem e o ensino como contínuos. Além disso, ele mostra que a aprendizagem e a instrução interagem, apesar de serem relativamente independentes, de tal forma que a aprendizagem significativa, como a mecânica, é possível tanto no ensino expositivo quanto no ensino por descobrimento.

Para haver a aprendizagem significativa são necessárias algumas condições: o material didático deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve relacionar-se com a estrutura cognitiva do aluno de forma não arbitrária e não literal. No entanto, nem sempre os materiais estruturados com lógica são aprendidos significativamente, sendo necessário que o aluno tenha uma predisposição para aprender, ou seja, a pessoa deve ter algum motivo para se esforçar para aprender determinado conteúdo. Por fim, as ideias inclusivas são essenciais na estrutura cognitiva do aluno para que aconteça a aprendizagem significativa (POZO, 1998, p. 213).

Uma maneira de identificar indícios de aprendizagem significativa é por meio de mapas conceituais, que podem ser definidos como recurso para representar o conjunto de conceitos significativos através de proposições, ou seja, dois ou mais termos conceituais ligados por palavras que tenham alguma relação conceitual. Esse recurso permite uma relação hierárquica dos conceitos mais abrangentes para os conceitos menos inclusivos (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 31).

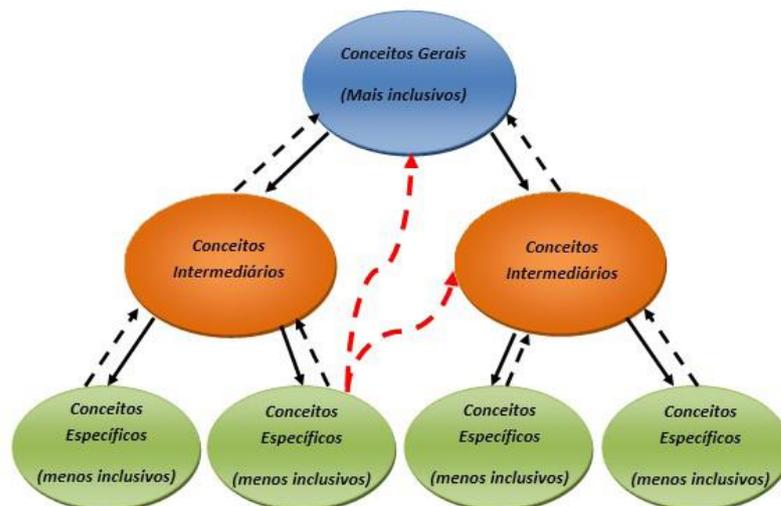
Os mapas conceituais podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas. Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, mapas conceituais não são autoinstrutivos: devem ser explicados pelo professor. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (MOREIRA, 2010, p. 17).

Os mapas conceituais, portanto, permitem uma construção hierárquica dos conceitos abordando dois princípios programáticos da TAS, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O princípio da diferenciação progressiva consiste em que os conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início e, progressivamente, diferenciados em conceitos mais específicos. A reconciliação integrativa, por sua vez, é o princípio no qual se devem explorar relações entre as ideias, mostrar similaridades e diferenças entre elas (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 113).

O princípio de Ausubel da diferenciação progressiva estabelece que a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem maior significado à medida que são alcançadas novas relações (ligações preposicionais). Assim, os conceitos nunca são “finalmente aprendidos”, mas sim permanentemente enriquecidos, modificados e tornados mais explícitos e inclusivos à medida que se forem progressivamente diferenciando. A aprendizagem é o resultado de uma mudança do significado da experiência, e os mapas conceituais são um método de mostrar, tanto ao aluno como ao professor, que ocorreu realmente uma reorganização cognitiva (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 114).

A Figura 2 mostra um esquema de mapa conceitual, destacando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa e as ligações cruzadas entre os conceitos.

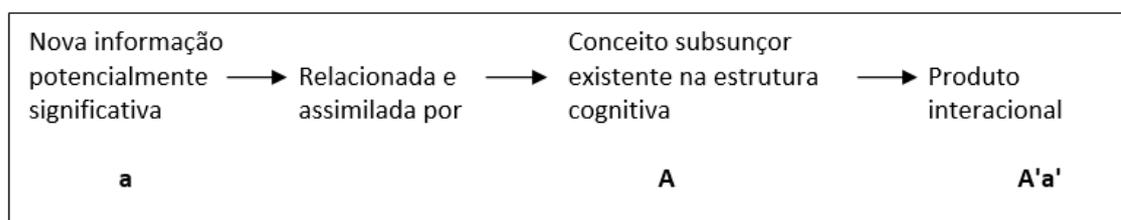
**Figura 2:** Esquema de um mapa conceitual.



Fonte: Adaptado de Moreira e Masini (2001, p. 33).

### Processo de assimilação

Conforme já abordado, a aprendizagem se torna significativa quando o indivíduo é exposto a uma nova informação que se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a subsunçor existente na estrutura cognitiva, promovendo a assimilação conceitual e alteração do subsunçor, como mostra o esquema da Figura 3:

**Figura 3:** Esquema de assimilação para Ausubel.

Fonte: Moreira (2017, p. 166).

A Figura 3 mostra que a nova informação ou um novo conceito potencialmente significativo **a** é relacionado a um subsunçor **A** já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Após essa interação, tanto o conceito **a** quanto o subsunçor **A** são modificados. No entanto, o produto interacional não é apenas o acréscimo de um novo conceito mais específico a um conceito mais genérico, mas a modificação do novo conceito e a modificação do subsunçor que serviu de âncora. Portanto, o produto interacional **A'a'** não é o produto final da aprendizagem significativa, pois ele pode sofrer alterações com o tempo, porque o aprendiz continuará a relacionar o produto interacional com os conceitos novos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 57).

Apesar de a retenção ser favorecida pelo processo de assimilação, é mais simples reter conceitos mais gerais e estáveis do que novos conceitos. Após a aquisição da aprendizagem significativa, inicia o processo de assimilação obliteradora, segundo a qual, novas informações se tornam mais espontâneas e cada vez menos dissociáveis dos subsunçores, até que não sejam mais reproduzíveis como entidades individuais (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 56-57).

### **Formas e Tipos de aprendizagem significativa**

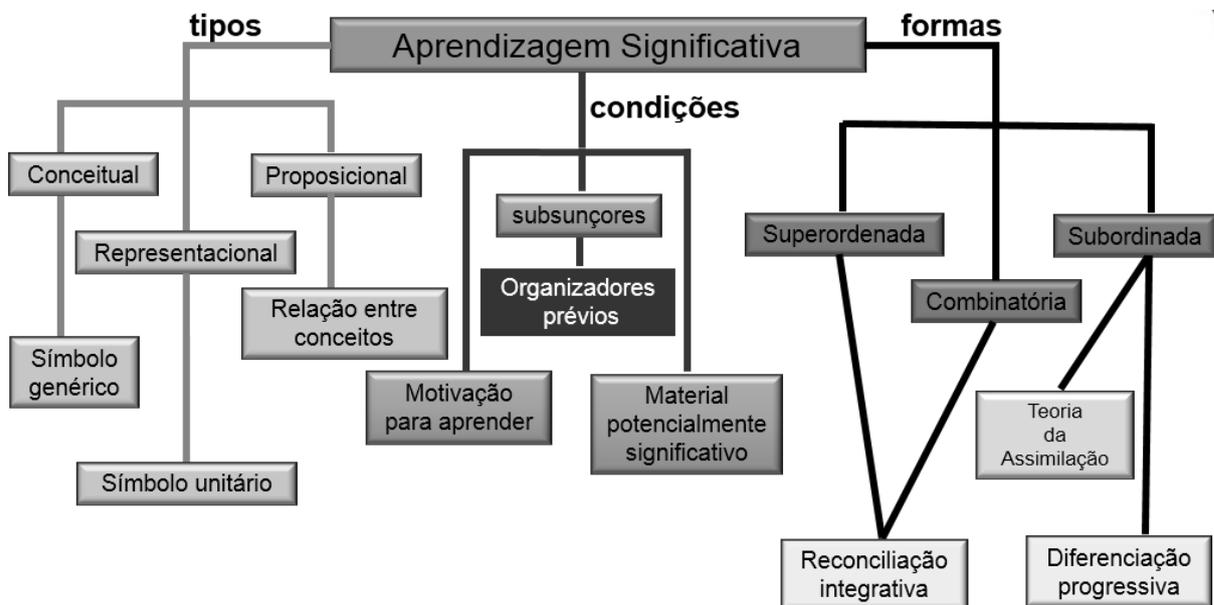
Conforme já citado, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição potencialmente significativo é assimilado na estrutura cognitiva por meio de uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente, sendo a estrutura modificada pelo processo. A teoria de Ausubel, segundo a teoria da assimilação, apresenta três formas de aprendizagem significativa.

Na aprendizagem subordinada, a nova ideia se encontra hierarquicamente subordinada a ideia preexistente. Esse é o tipo de aprendizagem significativa mais predominante. Na

aprendizagem superordenada, um conceito ou proposição potencialmente significativo mais geral e inclusivo do que o subsunçor é adquirido e é assimilado e condicionará o surgimento de novos conceitos. A aprendizagem combinatória, no entanto, envolve novas proposições que não apresentam relação subordinada nem superordenada, ou seja, a nova ideia e os subsunçores não apresentam relação hierárquica, porém se encontram no mesmo nível, não sendo relacionável a nenhuma ideia existente na estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Além disso, Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 39) diferenciam três tipos de aprendizagem significativa que apresentam uma escala crescente de significatividade entre a aprendizagem de representações, de conceitos e de proposições, respectivamente. A aprendizagem representacional envolve a identificação de símbolos (geralmente palavras) com seus referentes (objetos, conceitos, eventos). A aprendizagem de conceitos também é representada por símbolos, porém de forma genérica ou categórica. Por fim, a aprendizagem proposicional que indica que é preciso aprender o significado de ideias em forma de proposição (MOREIRA, 2017, p. 165). A Figura 4 resume as ideias apresentadas sobre a TAS.

**Figura 4:** Mapa conceitual sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

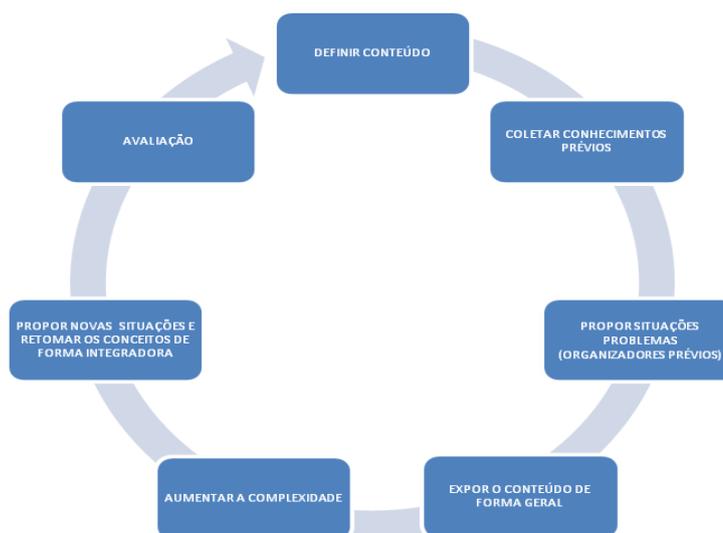


Fonte: Brum e Schuhmacher (2015, p. 9).

## 2.2 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)

As UEPS, propostas por Moreira (2011), são uma sequência didática baseada na Teoria de Aprendizagem Significativa, cujos passos para a elaboração são mostrados na Figura 5.

**Figura 5** – Esquema de uma UEPS.



Fonte: Autoria própria.

- 1- Definir o conteúdo a ser abordado, destacando os aspectos declarativos e procedimentais aceitos no contexto da matéria de ensino;
- 2- Elaborar situações que levem os alunos a identificar os seus conhecimentos prévios. Essas situações podem ser questionário, discussões, situação - problema, mapa mental, mapa conceitual e outros que sejam supostamente relevantes para a aprendizagem significativa do assunto abordado;
- 3- Levando-se em conta o conhecimento prévio do aluno, propor situações problema em nível introdutório com objetivo de prepará-lo para a introdução do conteúdo. O autor afirma que essas situações não possuem o objetivo de iniciar o conteúdo, mas funcionam como organizadores prévios;
- 4- Apresentar o conteúdo a ser ensinado levando em consideração a diferenciação progressiva ou seja, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão mais inicial do conteúdo, mas logo destacando, aspectos mais específicos;
- 5- Agora com o nível mais alto de complexidade retomar os aspectos mais gerais e propor em níveis crescentes de complexidade outras situações promovendo a reconciliação

integrativa, portanto destacando semelhanças e diferenças dos exemplos já enunciados e propondo outras atividades colaborativas que os alunos negociando significados, tendo o professor como mediador e os alunos interagindo socialmente;

6- Continuando o processo de diferenciação progressiva, o professor deve retomar as características mais relevantes do conteúdo e apresentar novamente os conhecimentos, porém de uma forma mais integradora buscando a reconciliação integrativa. Logo após, novas situações – problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais complexas, sempre realizadas de forma colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grupo com a mediação do professor;

7- A avaliação deve ser realizada ao longo da execução das UEPS buscando registrar evidências de aprendizagens significativas e logo em seguida do sexto passo utilizar uma avaliação somativa individual que evidenciem captação de significados. No entanto, a avaliação de desempenho do aluno na sequência didática deverá ser levada em consideração a avaliação formativa com a avaliação somativa de forma igualitária;

A UEPS é considerada proveitosa somente se a avaliação de desempenho dos estudantes fornecerem evidências de aprendizagem significativa, como capacidade de explicar os conceitos, aplicação dos conceitos para resolver situações problema do cotidiano e captação de significados (MOREIRA, 2011).

### 2.3 SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA

A sociedade contemporânea vive uma efervescência tecnológica, tendo a informação e a comunicação desempenhado um papel de destaque na vida das pessoas. O domínio do conhecimento tecnológico constitui papel importante não apenas para construção de mundo, mas essencial para o exercício da cidadania. No âmbito educacional, encontramos uma situação antagônica: alunos que são seduzidos pela tecnologia e, em contrapartida, professores que não conseguem acompanhar a evolução da tecnologia (MACÊDO; DICKMAN; ANDRADE, 2012, p. 3).

A educação passa por uma crise importante de paradigmas, caracterizada por uma mudança de visão de mundo. A educação, como ocorre em múltiplos contextos, deve estruturar-se no âmbito social no intuito de ocorrer trocas de experiências em um processo de reconstrução significativa e de alimentação mútua. Portanto, o professor deve acompanhar tais mudanças e adequar seus procedimentos e sistemas de avaliação na sala de aula de acordo

com o contexto atual (COELHO, 2002, p. 9). Nesse sentido, as orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+) afirmam:

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230).

Freitas Filho (2008) afirma que as animações são o emprego de técnicas matemáticas em computadores com o intuito de reproduzir um processo ou uma operação do mundo real, portanto, é necessário construir um modelo computacional correspondente à situação real que se almeja demonstrar. Já uma simulação envolve uma animação, sendo mais abrangente, pois permite ao aluno além de manipular o evento, reconhecer e modificar as relações entre as grandezas físicas que envolvem a situação.

Os professores de Física apresentam grande dificuldade para explicar fenômenos que são abstratos e complicados para o aluno, pois são difíceis de serem imaginados apenas por explicações verbais e gestuais do professor. Nesse sentido, as simulações auxiliam os alunos a observarem, em alguns minutos, a evolução de um fenômeno que levaria um longo tempo, além de permitir a observação quantas vezes o aluno desejar (TAVARES, 2008).

Paula (2017, p. 93) mostra que há uma grande confusão entre animações, simulações e laboratórios virtuais, geralmente, acreditando que se tratam da mesma coisa, no entanto, a autora fornece três diferenças entre esses aplicativos: a primeira diferença é em relação ao grau de interatividade entre o aluno e o aplicativo, sendo que na animação o grau de interatividade é zero; no caso de simuladores o grau de interatividade varia entre baixo até alto, em virtude das variáveis que o aluno pode alterar, dependendo da observação do fenômeno representado no aplicativo; já os laboratórios virtuais apresentam um grau de interatividade entre médio e alto.

O segundo critério de diferença é baseado no tipo de informações produzidas pelo aplicativo. Os laboratórios virtuais permitem a verificação de medidas, resultantes da interação do aluno. Nas simulações, também é possível apresentar informações quantitativas. Nas animações, por fim, o estudante tem as informações que caracterizam as descrições do fenômeno (PAULA, 2017, p. 93)

O último critério é baseado no tipo de representações, o qual consegue diferenciar as simulações dos laboratórios virtuais, no entanto, não incide nas animações. Os laboratórios virtuais representam objetos e eventos no mundo vivido, ou seja, de um laboratório. Já nas

simulações, as representações constituem as que pertencem ao mundo concebido pela ciência. Portanto, Paula (2017, p.94) enfatiza que um critério sozinho não consegue distinguir os três tipos de aplicativo, sendo necessários utilizar os três critérios para realizar a distinção.

Além disso, as simulações são bastante proveitosas quando a experiência original for impossível de ser reproduzida pelos alunos, perigosa ou de custo muito alto, assim como os que envolvem fenômenos muito lentos ou extremamente rápidos. Porém, é importante que o professor sempre informe aos alunos que a simulação não é uma cópia fiel da realidade, tendo conhecimento dos limites de validade do modelo, caso contrário, o aluno continuará apresentando erros grosseiros do conteúdo abordado (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80-81). Além desses benefícios, esses autores descrevem outros pontos positivos sobre a utilização de simuladores:

Reduzir o “ruído” cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos; tornar conceitos abstratos mais concretos; fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos; auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta; acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual; reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos; servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório; desenvolver habilidades de resolução de problemas; promover habilidades do raciocínio crítico; fornecer um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade; envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica. (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80).

#### 2.4 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA

Segundo Carvalho (2011), o ensino de Física deveria ser prazeroso e de fácil compreensão, uma vez que é a ciência que representa a leitura do mundo. No entanto, nos deparamos com um ensino que prioriza o acúmulo de informações. Nesse sentido, a abordagem de atividades prático-experimentais tem sido destacada por professores e alunos como uma das formas mais frutíferas de minimizar as dificuldades de ensinar e aprender Física (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Axt e Moreira (1991, p. 93) declaram que as distintas mudanças curriculares que ocorreram no Brasil defendem a experimentação nas aulas. Hoje, embora o reconhecimento

da importância da atividade experimental para a aprendizagem, a proporção de professores que a utilizam no seu planejamento diário é muito pequena. Aliás, é comum identificar o uso de experimentos com uma potencialidade baixa e dessa forma é possível agrupar a experimentação em três linhas gerais:

1. Frequentemente, os experimentos são ministrados de forma aleatória e desvinculada do conteúdo programático, como se fossem um apêndice. O conteúdo da disciplina é tratado como um corpo objetivo e isolado de conhecimentos. Pouca atenção é dada à potencialidade da experimentação como veículo de aprimoramento conceitual, admitindo-se, de forma implícita, que a firmeza conceitual pode ser alcançada através da aplicação coerente das fórmulas. Quando integrada ao conteúdo, o papel reservado para a experimentação é o de verificar aquilo que é informado na aula, sempre no sentido de corroborar; não se explicita uma interrelação teoria-experimento. 2. Com menos frequência, a experimentação é utilizada para veicular conceitos, comprovar relações, determinar constantes, propor problemas experimentais. Exploram-se, neste caso, as potencialidades didáticas do experimento, tanto no sentido heurístico quanto no metodológico. 3. Com muito pouco frequência, é utilizada como instrumento para a aquisição de conceitos e, quando é o caso, para a reformulação conceitual (AXT; MOREIRA, 1991, p. 93).

Hodson (1992) mostra que existe certo grau de ingenuidade e confusão declarando que muitos consideram que o trabalho prático necessita obrigatoriamente de um laboratório. Ora, todas as atividades em que o aluno esteja efetivamente envolvido são consideradas um trabalho prático. Da mesma forma, atividade experimental não condiz necessariamente ao trabalho laboratorial, mas a uma atividade que envolve o controle e manipulação de variáveis, mesmo em níveis distintos. Dessa forma, considera-se mais adequado o termo atividade prático-experimental para se referir as atividades realizadas no contexto do ensino de ciências naturais, pois nesse contexto nem o docente nem o discente desempenha a função de cientista, tampouco apresentam todos os requisitos necessários para atividade experimental por um cientista em um laboratório (PEREIRA; MOREIRA, 2017).

Araújo e Abib (2003, p. 176) declaram que as análises das atividades experimentais para o ensino de Física revelam que há um leque de possibilidades e vertentes para sua utilização que pode ser desde a verificação de leis e teorias até situações que possibilite ao aluno reflexões e construções do seu próprio conhecimento, permitindo dessa forma uma reestruturação dos seus modelos cognitivos de explicação do fenômeno. Destacam ainda que a atividade experimental é

[...] uma abordagem dos conceitos científicos a partir da criação de situações capazes de gerar elementos concretos que servirão de base para um diálogo que favoreça a mudança conceitual desejada. Essas mudanças conceituais podem ser

alcançadas por alunos submetidos a atividades com enfoque construtivista, realizadas através de experimentos qualitativos baseados em sequências de ensino que envolvem uma problematização inicial, a montagem e execução do experimento, uma organização dos conhecimentos adquiridos e, finalmente, a aplicação destes conhecimentos a outras situações diferentes das que foram propostas inicialmente (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 185).

Analisando revistas na área de ensino de Física é comum encontrar artigos que relatam a experimentação para abordar refração em distintos tópicos como entendimento do olho humano e defeitos de visão, demonstrações experimentais sobre reflexão interna total, variação de grau de convergência de uma lente entre outras. No entanto, a principal barreira do uso desses experimentos na sala de aula é a dificuldade de encontrar bons instrumentos ópticos, como prismas, lentes, placas e cones (RIBEIRO; VERDEAUX; FRAGA, 2012, p. 6).

## 2.5 REFRAÇÃO DA LUZ

### 2.5.1 Conceitos Básicos

A ótica é o ramo da Física que estuda o comportamento da luz e de outras ondas eletromagnéticas. O estudo das propriedades da luz nos permite explicar diversos fenômenos, como a cor do céu, compreender o funcionamento da visão e de dispositivos ópticos, como telescópios, microscópios, câmeras e óculos. Os princípios da ótica desempenham papel importante na Física, engenharia e nas inovações tecnológicas modernas, como o *laser*, as fibras ópticas e tecnológicas de imagem para a medicina (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 1).

A grande parte dos cientistas, até a época de Isaac Newton, acreditava que a luz fosse constituída de corpúsculos, minúsculas partículas, emitidas por uma fonte de luz. Aproximadamente em 1665 começaram a surgir as primeiras evidências das propriedades ondulatórias da luz. James Clerk Maxwell, em 1873, previu as ondas eletromagnéticas e calculou a velocidade de propagação das mesmas. As observações de Maxwell junto com os trabalhos experimentais de Heinrich Hertz mostraram que a luz pode se comportar como onda eletromagnética (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 1-2).

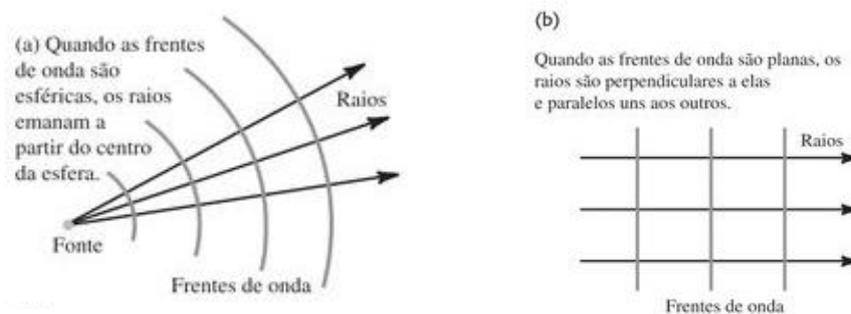
Nem todos os fenômenos são explicados pela natureza ondulatória da luz, a emissão e a absorção da luz revelam a natureza corpuscular, afirmando que a energia transportada por uma onda luminosa é concentrada em pacotes discretos (fótons ou quanta). As cargas elétricas aceleradas são fontes fundamentais das ondas eletromagnéticas. Os corpos emitem uma

radiação térmica resultante do movimento térmico das moléculas. Todos os corpos conseguem emitir uma quantidade de luz suficiente para se tornarem visíveis a olho nu, em temperaturas elevadas. Ou seja, a matéria quente é uma forma de luz, como a chama de uma vela e o filamento de uma lâmpada incandescente (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 2).

Descargas elétricas em gases ionizantes, como nas lâmpadas de mercúrio e vapor de sódio, produzem luz. O *laser* é uma fonte de luz que tem se tornado importante nos últimos anos, devido a sua utilização na medicina, tecnologia e nas indústrias. No *laser*, os átomos no interior da fonte são induzidos a emitir luz de forma organizada (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 2).

Uma pedra quando é jogada em um lago calmo gera a formação de círculos que se expandem a partir do centro, formando as cristas das ondas que denominamos frentes de ondas, ou seja, um lugar geométrico de todos os pontos adjacentes que possuem a mesma fase de vibração de uma grandeza física associada. No entanto, para descrever as direções de propagação da luz é conveniente representá-lo por um raio, que corresponde a uma linha imaginária ao longo da direção de propagação da onda. A propagação de uma onda em um meio homogêneo e isotrópico, os raios são linhas perpendiculares às frentes de onda (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 2).

**Figura 6:** Propagação e frentes das ondas.



Fonte: Young e Freedman (2009, p. 3).

### 2.5.2 Índice de Refração e Refração da luz

As ondas eletromagnéticas, independente da fonte, propagam-se no vácuo com a velocidade da luz  $c$  que corresponde a  $2,99792458 \times 10^8$  m/s (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 2).

A velocidade da luz em um meio transparente como o ar ou água é menor que a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ). O meio transparente é caracterizado por um índice de refração

$n$ , que corresponde à razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio ( $v$ ) (TIPLER; MOSCA, 2009, p. 362):

$$n = \frac{c}{v}. \quad (1)$$

O índice de refração do ar é de 1,003, portanto, podemos assumir que a velocidade da luz no ar é aproximadamente a velocidade da luz no vácuo. O Quadro 1 mostra o índice de refração de alguns materiais:

**Quadro 1** – Alguns materiais e seus índices de refração.

<b>MATERIAL</b>	<b>n</b>
Ar seco (0° C, 1 atm)	1
Água (20°C)	1,33
Etanol (20°C)	1,36
Glicerina	1,47
Diamante	2,4

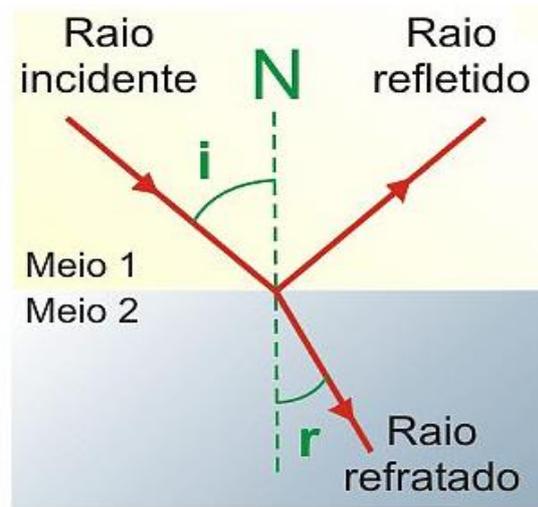
Fonte: Adaptado de Halliday e Resnick (2012, p. 18).

Nota-se que o índice de refração é inversamente proporcional a velocidade do meio, ou seja, quando maior o valor do índice, menor a velocidade da luz e maior são as ‘dificuldades’ encontradas na propagação. Um meio será mais refringente que outro quando seu índice de refração é maior que do outro. Portanto, o etanol é mais refringente que a água. Podemos dizer também que um meio é mais refringente que outro quando a luz se propaga por ele com velocidade menor, em comparação com o outro meio (TIPLER; MOSCA, 2009, p. 362).

Halliday e Resnick (2012) declaram que embora as ondas luminosas se espalhem ao se afastar de uma fonte, a hipótese que a luz se propaga em linha reta constitui, frequentemente, uma boa aproximação e é estudado pela ótica geométrica. Quando um raio de luz atinge uma superfície lisa, parte da luz é refletida; já a passagem da luz por uma superfície (interface), que separa dois meios diferentes, é chamada de refração e ocorre mudança na direção de propagação da luz, a menos que o raio incidente seja perpendicular a superfície.

A orientação dos raios incidente, refletido e refratado são medidos em relação a uma direção, conhecida como normal, que é perpendicular à interface no ponto em que ocorrem a reflexão e a refração (Figura 7).

**Figura 7** – Raios incidente, refletido e refratado.



Fonte<sup>1</sup>:

Halliday e Resnick (2012) esclarecem que os resultados experimentais mostram as seguintes leis:

**LEI DA REFLEXÃO:** O raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência.

$$\theta_i = \theta_r. \quad (2)$$

**LEI DA REFRAÇÃO:** O raio refratado está no plano de incidência e possui um ângulo de refração  $\theta_2$  que está relacionado ao ângulo de incidência  $\theta_1$  através da equação conhecida como Lei de Snell.

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2. \quad (3)$$

Em que  $n_1$  e  $n_2$  são constantes adimensionais que dependem do meio onde a luz está se propagando.

Portanto, a refração da luz é o fenômeno no qual ela é transmitida de um meio para outro diferente. Nesta mudança de meios, a frequência da onda luminosa não é alterada, embora sua velocidade e o seu comprimento de onda sejam alterados. Como ocorre alteração da velocidade de propagação, ocorre um desvio da direção original.

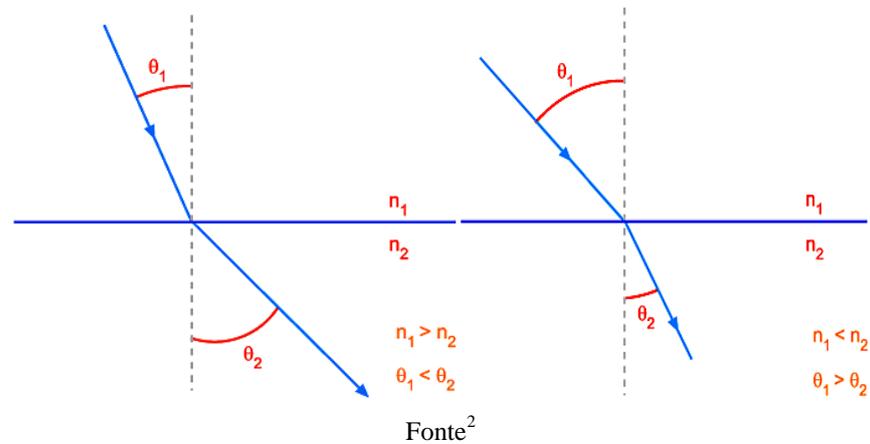
Através da fórmula, percebe-se que o valor relativo de  $\theta_2$  depende dos valores relativos de  $n_1$  e  $n_2$ , existem, portanto, três possibilidades (Figura 8):

Se  $n_2 = n_1$ ,  $\theta_2 = \theta_1$ . Nesse caso, a refração não desvia o raio luminoso, que continua sua trajetória retilínea.

Se  $n_2 > n_1$ ,  $\theta_2 < \theta_1$ . Nesse caso, a refração faz o raio luminoso se aproximar da normal.

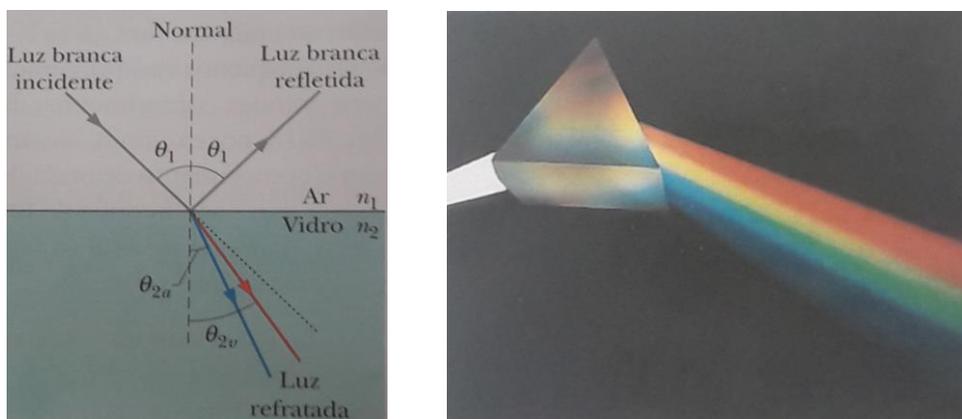
Se  $n_2 < n_1$ ,  $\theta_2 > \theta_1$ . Nesse caso, a refração faz o raio luminoso se afastar da normal.

<sup>1</sup> Disponível em: [https://www1.univap.br/spilling/BIOF/BIOF\\_05\\_Luz%20como%20uma%20onda.pdf](https://www1.univap.br/spilling/BIOF/BIOF_05_Luz%20como%20uma%20onda.pdf)

**Figura 8** – Índice do meio e refração da luz.

### 2.5.3 Dispersão Cromática

Com exceção do vácuo, o índice de refração  $n$ , para a luz, depende do comprimento de onda. Quando um feixe de luz é formado por raios de diferentes comprimentos de onda, luz branca, o ângulo de refração é distinto para cada raio, o que chamamos de dispersão cromática (Figuras 9 e 10), pois ocorre o espalhamento da luz de acordo com o comprimento de onda e cada comprimento se relaciona a uma cor. Um feixe de luz branca possui raios de todas, ou quase todas, as cores do espectro visível. Ao observar um feixe desse tipo, não distinguimos as cores e associamos a luz branca. O prisma de vidro pode ser utilizado para aumentar a separação das cores, pois a dispersão que ocorre quando a luz penetra no vidro é acentuada pela dispersão quando a luz deixa o vidro (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 19).

**Figuras 9 e 10:** Dispersão Cromática.

Fonte: Halliday e Resnick (2012, p. 20).

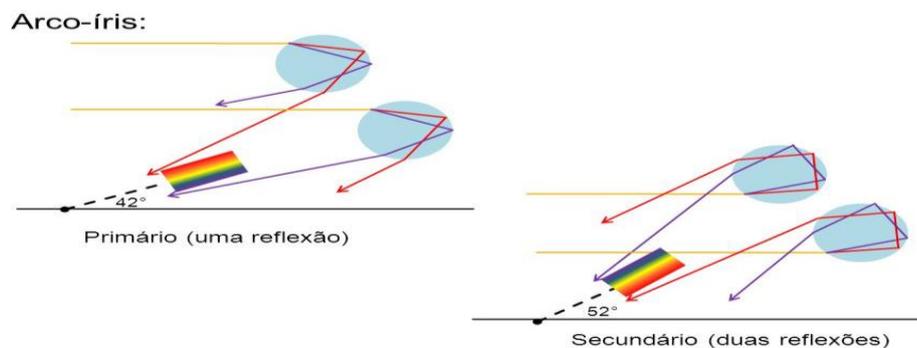
<sup>2</sup> Disponível em: <<http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/optica/basico/cap06/fig04.gif>>.

O arco-íris é um exemplo de dispersão cromática. Quando a luz solar, que apresenta raios de muitos comprimentos de onda é interceptada por uma gota de chuva, parte da luz é refratada para o interior da gota, refletida na superfície interna e refratada para o exterior. A primeira refração separa a luz solar nas cores componentes e a segunda refração acentua o efeito. Quando várias gotas de chuva são iluminadas de forma simultânea, o observador pode ver um arco-íris quando a direção onde se encontram as gotas faz um ângulo de  $42^\circ$  com o ponto diametralmente oposto ao Sol do ponto de vista do espectador (ponto antissolar A), conforme mostra a Figura 11 (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 21).

Como todas as gotas de chuva cuja direção faz um ângulo de  $42^\circ$  com a direção contribuem para o arco-íris, este sempre é um arco de circunferência que possui o ponto A como centro e o ponto mais elevado do arco-íris nunca está mais de  $42^\circ$  acima do horizonte. Se o sol estiver localizado acima do horizonte, a direção de A será abaixo do horizonte e o arco-íris é mais curto e mais próximo do horizonte (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 21).

Um arco-íris primário é aquele que a luz é refletida apenas uma vez no interior de cada gota. Um arco-íris secundário é quando a luz é refletida duas vezes no interior de cada gota e é observado quando a direção das gotas faz um ângulo de  $52^\circ$  com a direção de A. Esse tipo de arco-íris é mais largo, mais fraco e as cores aparecem de forma inversa, por isso é mais difícil visualizá-lo. Arco-íris envolvendo três ou quatro reflexões ocorrem na direção do Sol e não podem ser vistos, pois essa parte do céu é dominada pela luz solar direta (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 21).

**Figura 11:** Formação do arco-íris.



Fonte<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Disponível em:

<<https://slideplayer.com.br/slide/1773183/9/images/39/33.8+Reflex%C3%A3o+e+Refra%C3%A7%C3%A3o+Arco-%C3%ADris%3A+Prim%C3%A1rio+%28uma+reflex%C3%A3o%29.jpg>>.

### 2.5.4 Reflexão Interna Total

A Figura 12 mostra uma fonte pontual S emitindo vários raios de luz monocromática, propagando-se na água e incidindo na interface da água com o ar. Analisando o comportamento dos raios, o raio **a** é perpendicular à interface, portanto, parte da luz é refletida na interface e parte penetra no ar sem mudar a direção. Os raios **b**, **c**, **d**, **e**, chegam à interface com ângulos de incidência cada vez maiores e ocorre a reflexão e a refração da luz. Para o raio **e**, o ângulo de refração é  $90^\circ$ , o que significa que o raio refratado é paralelo à interface. Quando isso ocorre, o ângulo de incidência é chamado de ângulo crítico ( $\theta_c$ ). Para ângulos de incidência maiores que o ângulo crítico, como os raios **f** e **g**, não há raio refratado e a luz é totalmente refletida. Esse fenômeno é denominado reflexão interna total (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 23).

Utilizando a Lei de Snell e o exemplo da Figura 12, ou seja, o índice 1 referindo-se à água e o índice 2 ao ar e fazendo  $\theta_1 = \theta_c$ ,  $\theta_2 = 90^\circ$  iremos determinar o ângulo crítico:

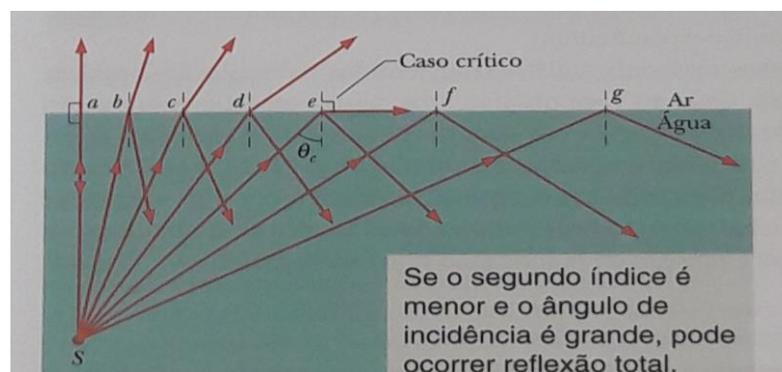
$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2, \quad (4)$$

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_c = n_2 \cdot \text{sen } 90^\circ, \quad (5)$$

$$\theta_c = \text{sen}^{-1} n_2/n_1. \quad (6)$$

A reflexão interna total não pode ocorrer quando a luz passa de um meio com um índice de refração maior que o meio onde se encontra inicialmente. A reflexão interna total tem várias aplicações tecnológicas, como na medicina, em endoscópios, para analisar o interior de artérias, introduzindo dois feixes de fibra ótica através de um cateter (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 24).

**Figura 12** – Reflexão interna total.



Fonte: Halliday e Resnick (2012, p. 23).

### 2.5.5 Tipos de Imagens

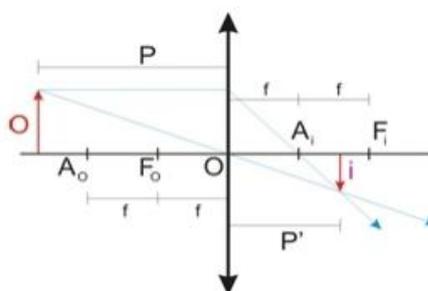
Para enxergarmos um objeto é necessário que nossos olhos interceptem alguns dos raios luminosos que partem do objeto e os redirecionem para a retina, localizada no fundo do olho. O sistema visual consegue identificar arestas, orientações, textura, forma e cores e oferece uma representação denominada imagem. O sistema visual executa esse mesmo procedimento, mesmo que os raios luminosos não venham diretamente do objeto, mas sejam refletidos por um espelho ou refratados por lentes. No entanto, nesse caso o objeto é visto na direção onde se encontra o espelho ou a lente e a distância percebida pode ser diferente da real. Uma imagem é chamada de virtual quando ela existe apenas no cérebro, embora pareça existir no mundo real, como uma imagem formada em um espelho plano, onde parece que a imagem está atrás do espelho. Agora, a imagem real é produzida em uma superfície, como na tela do cinema (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 24).

Nos dias quentes é comum enxergarmos a algumas dezenas de metros a nossa frente uma poça d'água no asfalto, que na realidade se trata de uma miragem (Figura 13), ou seja, um exemplo de imagem virtual. Os raios solares se aproximam da estrada e atravessam camadas cada vez mais quentes e, devido ao aumento da temperatura do ar, a velocidade da luz aumenta, conseqüentemente o índice de refração diminui. Dessa forma, o raio refratado se torna horizontal e continua a encurvar, pois a frente de onda está em uma região onde o ar é mais quente e, portanto, se propaga mais depressa que a parte superior. No entanto, ao atingir no olho do observador, o sistema visual supõe uma propagação retilínea da luz. Como a luz vem do céu, a miragem apresenta um tom azulado que lembra a água e as camadas de ar aquecido forma a imagem trêmula contribuindo para a ilusão de reflexo na água. Quando o carro se aproxima da poça imaginária, os raios refratados são quase horizontais e não chegam mais no olho do observador e a ilusão desaparece (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 38).

**Figura 13** – Formação de miragens.Fonte<sup>4</sup>

### 2.5.6 Lentes Delgadas

Lente é definida como um corpo transparente limitado por duas superfícies refratoras com um eixo central comum. Uma lente que está imersa no ar, sofre duas refrações que podem mudar a direção dos raios de luz: quando a luz penetra e quando a luz atravessa a lente. Quando uma lente faz com que os raios luminosos inicialmente paralelos se aproximem do eixo, ela é chamada de lente convergente; e quando faz com que os raios de luz se afastem do eixo é denominada de lente divergente. Chamamos de lentes delgadas aquelas onde a distância do objeto  $p$ , a distância da imagem  $p'$  e os raios de curvatura  $r_1$  e  $r_2$  das superfícies da lente são muito maiores que a espessura da lente. Nessas lentes, considerando apenas os raios que fazem ângulos pequenos com o eixo central, temos a seguinte relação (Figura 14):

**Figura 14** – Elementos de uma lente.Fonte<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Disponível em:

<[https://abrilsuperinteressante.files.wordpress.com/2018/07/57a36b6f0e2163457524e3c3miragem3\\_site2.jpeg?qquality=70&strip=info](https://abrilsuperinteressante.files.wordpress.com/2018/07/57a36b6f0e2163457524e3c3miragem3_site2.jpeg?qquality=70&strip=info)>.

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/full-1-75d6e1dae4.jpg>>.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad (7)$$

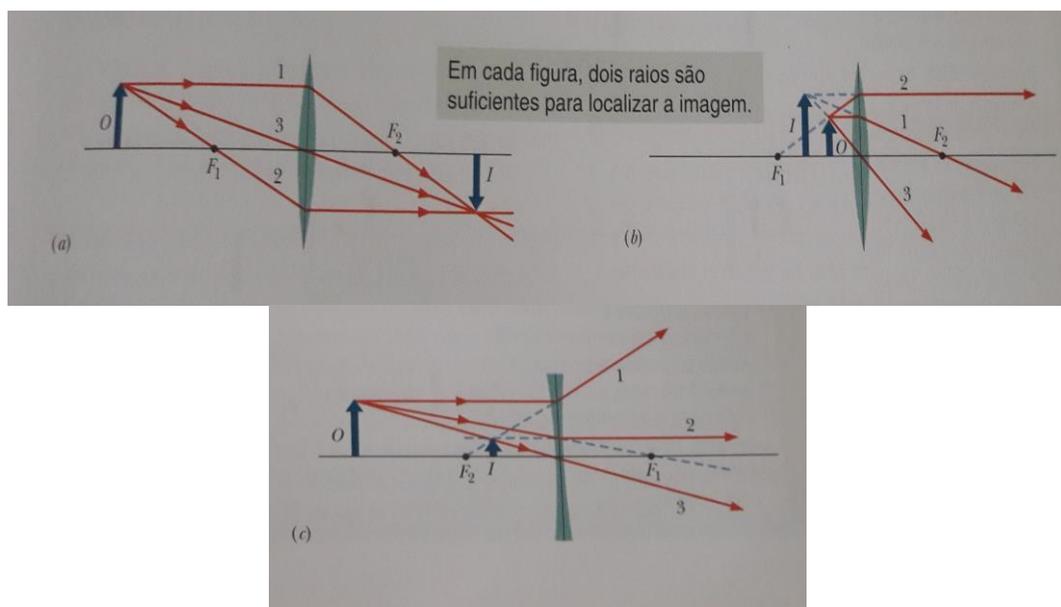
$$A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p} \quad (8)$$

A imagem de uma lente pode ser localizada graficamente de qualquer ponto do objeto fora do eixo central desenhando um diagrama de raios com dois dos três raios especiais que passam pelo ponto:

- Um raio inicialmente paralelo ao eixo central que, depois de ser refratado, passa pelo ponto focal  $F_2$  (raio 1 da Figura 15);
- Um raio que passa pelo ponto focal  $F_1$  e depois de ser refratado se torna paralelo ao eixo central (raio 2 da Figura 15);
- Um raio que passa pelo centro da lente e sai da lente sem mudar de direção (raio 3 da Figura 15), pois atravessa uma região da lente na qual os dois lados são quase paralelos.

Portanto, a imagem é formada pela interseção dos raios refratados.

**Figura 15** – Raios notáveis e formação de imagens em uma lente.



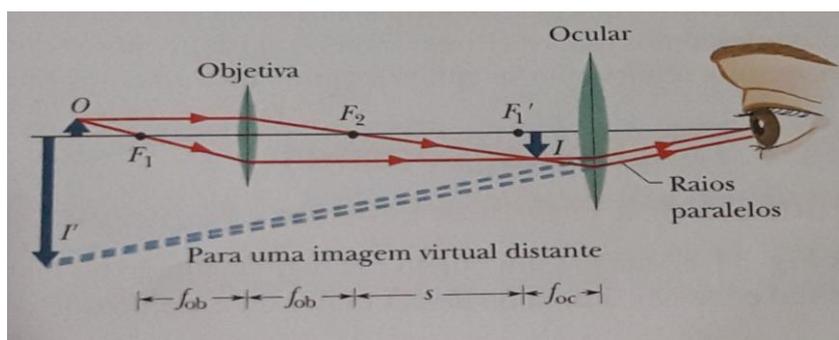
Fonte: Halliday e Resnick (2012, p. 51).

Portanto, as imagens das lentes podem ser resumidas pela Figura 16:



da ocular que o primeiro ponto focal,  $F_1'$ . Como o comprimento do tubo,  $s$  é normalmente muito maior que  $f_{ob}$ , pode-se tomar a distância  $i$  entre a objetiva e a imagem  $I$  como sendo  $s$ . Portanto, a distância entre a imagem  $I$  e a lente ocular é ligeiramente menor que a distância focal, a ocular se comporta como uma lente de aumento simples, formando uma imagem virtual, aumentada e invertida (HALLYDAY; RESNICK, 2012, p. 57).

**Figura 17** – Imagem de um microscópio composto.

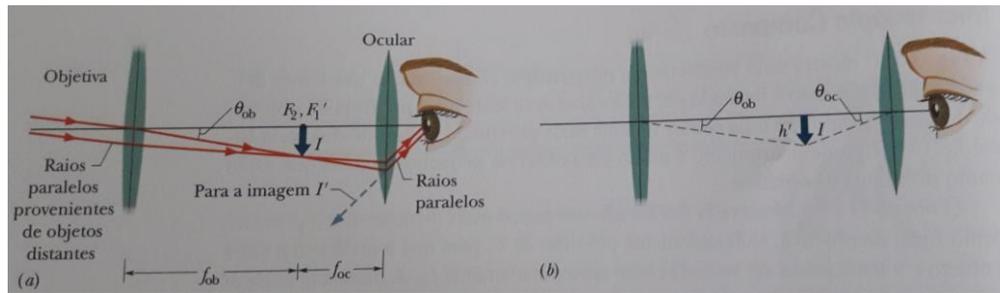


Fonte: Halliday e Resnick (2012, p. 57).

Há vários tipos de telescópios. Os telescópios refratores simples são constituídos por uma lente objetiva e outra ocular (Figura 18). A finalidade dos telescópios refratores é aumentar o ângulo de visão e, portanto, observar imagens de natureza astronômica. A lente objetiva recebe raios praticamente paralelos, focalizando-os em seu plano focal, formando uma imagem real e invertida no ponto comum  $F_2, F_1'$ . Essa imagem  $I$  se comporta como um objeto para a ocular, através da qual o operador observa uma imagem virtual e invertida,  $I'$ . Os raios que produzem a imagem formam um ângulo  $\theta_{oc}$ . Os telescópios de observadores de astronomia são geralmente refletores, pois é mais fácil fabricar espelhos de grandes diâmetros do que lentes de boa qualidade, além disso, a aberração cromática<sup>7</sup> é eliminada (NUSSENZVEING, 2014, p. 38).

<sup>7</sup> O aumento no diâmetro da lente minimiza o efeito de borda que, devido à sobreposição de camadas refletoras de grande inclinação, causam o espalhamento (aberração).

**Figura 18** – Imagem de um telescópio.



Fonte: Halliday e Resnick (2012, p. 58).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas, inicialmente, algumas considerações sobre o ensino de refração da luz e lentes esféricas no Ensino Médio. Posteriormente, são descritas algumas considerações a respeito da pesquisa, como a abordagem metodológica qualitativa, sujeitos e instrumentos de coleta dos dados.

#### 3.1 O ENSINO

O ensino de Física deveria propiciar ao aluno a capacidade de investigar, compreender e construir os seus conhecimentos aprendidos no âmbito escolar, no entanto, grande parte dos alunos não consegue fazer a relação do conhecimento escolar com o que vivencia no cotidiano. As escolas abordam a Física como uma ciência inalterável, no qual o aluno deve simplesmente aceitar e decorar o que foi ensinado pelo professor (SOUZA, 2010).

Gircoreano e Pacca (2001, p. 27) declaram que ao analisar o estudo de óptica geométrica no curso do Ensino Médio, o enfoque é centrado nos aspectos geométricos, como nos conceitos de raio de luz e como se comporta em elementos específicos, como espelhos, lentes, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes.

Almeida e colaboradores (2007, p. 9; 32) evidenciam que quando falamos de refração da luz, os alunos costumam apresentar quatro principais concepções alternativas sobre o assunto. Concepções alternativas podem ser definidas como modelos com significados contextualmente errôneos que podem ser encontradas em estudantes de diferentes níveis de escolaridade que, geralmente, são construídas pelo sujeito em sua interação com o mundo em que vive. Mas, as concepções alternativas podem ser reforçadas ou construídas em sala de aula, por meio do uso de comparações inadequadas ou pouco esclarecidas. É bom frisar que algumas concepções alternativas são inatas (AUGÉ, 2014).

Eis as quatro concepções mais encontradas, segundo Almeida e colaboradores (2007):

- 1º: refração e reflexão são fenômenos sem nenhuma relação: os alunos costumam acreditar que quando ocorre reflexão não ocorre refração e vice-versa. Isso está relacionado com o estudo separado desses fenômenos;
- 2º: refração e dispersão são fenômenos distintos: os discentes não costumam acreditar na refração como sendo consequência da dispersão;
- 3º: prisma como sumidouro, ou seja, os estudantes costumam acreditar que os raios não saem do prisma, o raio incidente em um prisma sempre sofre reflexão interna total.

4°: refração só ocorre no ar: como geralmente utilizamos o exemplo com o meio ar, eles afirmam que não ocorre em outros meios.

De acordo com os PCNs (BRASIL, 1998, p. 56), a Física deve ser apresentada como um conjunto específico de competências que ajudam a entender e a lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, tanto presentes no cotidiano do aluno como em um contexto distante de sua realidade. Para isso, é necessária uma linguagem própria para a Física e o entendimento de construção da ciência ao longo da história da humanidade. No entanto, essas competências só fazem sentido para os alunos quando são desejadas pela realidade dos jovens.

Com o intuito de confirmar o que foi dito anteriormente, três livros foram analisados, incluindo o livro adotado pela escola para o triênio 2018-2020, de como é abordado o conteúdo de refração luminosa. Os três livros analisados constam no último guia de livros didáticos (BRASIL, 2018), no qual doze livros didáticos foram aprovados pelo Ministério da Educação (MEC) para serem utilizados em toda rede pública do país. Os livros aprovados e que atualmente são adotados pelas escolas públicas no Brasil são listadas no Quadro 2:

**Quadro 2:** Livros aprovados pelo MEC para a rede pública do país.

LIVRO	AUTORES	EDITORA
Física	Guimarães, Piqueira e Carron	Ática 2° edição
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Ática 3° edição
Física: contexto e aplicações	Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga e Carla Guimarães	Scipione 2° edição
Ser Protagonista	Adriana Benetti Marques Válio Ana Fukui Ana Paula Souza Nani Bassam Ferdinian Madson De Melo Molina Gladstone Alvarenga De Oliveira	SM 3° edição
Física para o Ensino Médio	Fuke; Kazuhito	Saraiva 4° edição
Física	Gualter Helou Newton	Saraiva 3° edição

Física: Interação e Tecnologia	Aurelio Gonçalves Filho Carlos Toscano	LEYA 2° edição
Física Aula por Aula	Benigno Barreto Claudio Xavier	FTD 3° edição
Física	Bonjorno Casemiro Clinton Eduardo Prado	FTD 3° edição
Física em Contextos	Alexander Pogibin Maurício Pietrocola Renata de Andrade Talita Raquel Romero	Editora do Brasil 1° edição
Física: Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antonio de Toledo Soares Paulo Cesar Martins	Moderna 4° edição
Conexões com a Física	Blaidi Sant'anna Glorinha Martini Hugo Carneiro Reis Walter Spinelli	Moderna 3° edição

Fonte: BRASIL (2018).

Na análise sintética apresentada de três obras selecionadas mostra a principal formação dos autores das obras, como cada livro organiza o conteúdo de refração luminosa e lentes esféricas e como os capítulos são estruturados.

Livro 1 – BONJORNNO, José Roberto; RAMOS, Clinton Marcico; PRADO, Eduardo de Pinho; CASEMIRO, Renato. Física 2. Ed. FTD, 2016.

**Figura 19:** Imagem do livro 1.



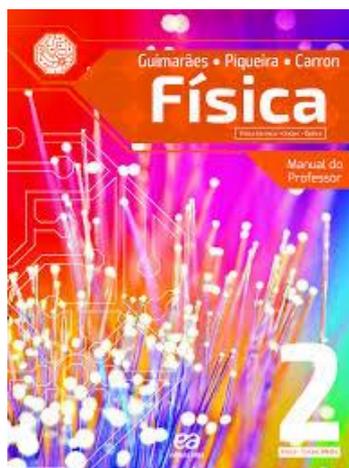
Fonte: Foto de própria autoria.

Uma observação importante sobre os autores dessa obra é que são todos professores de Física e licenciados na área. A obra é bastante ilustrada e com a maioria das questões discursivas, no entanto, nota-se a ausência das questões do ENEM. Cada capítulo do livro apresenta seções importantes, como “saiba mais sobre”, na qual aprofunda sobre a aplicação de um material citado no texto e apresenta questões envolvendo conceitos físicos aglutinados na interpretação do texto e a seção “experimento”. Essa obra foi adotada até o ano de 2020 pela escola que irá sediar a pesquisa e o conteúdo organizado da seguinte forma:

- Capítulo 11- Refração da Luz
  1. O estudo da refração.
  2. Leis da refração.
  3. Fenômenos da refração.
- Capítulo 12- Lentes Esféricas
  1. Elementos geométricos.
  2. Classificação das lentes.
  3. Construção geométrica das imagens.
  4. Estudo analítico das lentes esféricas.
- Capítulo 13- Instrumentos Ópticos
  1. Instrumentos de projeção.
  2. Instrumentos de observação.
  3. O olho humano.
  4. Defeitos da visão.

Livro 2 – GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. Física 2. Ed. Ática, 2016.

**Figura 20:** Imagem do livro 2.



Fonte: Foto de própria autoria.

A formação acadêmica dos três autores da obra é bastante vasta: Osvaldo Guimarães é bacharel em Física pela PUC-SP, mestre em história pela mesma universidade e doutor em engenharia elétrica pela USP; José Roberto Piqueira é engenheiro elétrico, mestre e doutor em engenharia elétrica pela USP; Wilson Carron é licenciado em Física e mestre em energia nuclear aplicada à agricultura pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz em Piracicaba (São Paulo).

O livro didático é bastante ilustrado, os exercícios são na sua maioria questões discursivas e apresenta tópicos de “História da Física” e “Física Explica” nos capítulos. As questões do ENEM são abordadas apenas no final do capítulo, como revisão do assunto. O conteúdo abordado da pesquisa está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 9- Refração Luminosa
  1. Refração luminosa.
  2. Dioptros planos.
  3. Lâminas de faces paralelas e prismas.
  4. Refração atmosférica e dispersão luminosa.
  5. Lentes esféricas.
  6. Instrumentos ópticos.
  7. Óptica do olho humano

Livro 3 – VÁLIO, Adriana Benetti Marques; FUKUI, Ana; FERDINIAN, Bassam; MOLINA, Madson de Melo; OLIVEIRA, Venerando Santiago. Ser Protagonista Física 2. Ed. SM, 2016.

**Figura 21:** Imagem do livro 3.



Fonte: Foto de própria autoria.

A elaboração do conteúdo dessa obra envolveu cinco autores que apresentam formação bem distintas: Adriana Benetti Marques Válio é bacharel em Física pela Unicamp, mestre em astronomia pela USP, doutora em astronomia pela Universidade da Califórnia, em Berkeley (EUA); Ana Fukui possui mestrado em Ciências-Ensino de Física pela USP; Bassam Fernidian é graduado em engenharia civil pela USP; Madson de Melo Molina é licenciado em Física pela Universidade Católica de Brasília e bacharel em engenharia elétrica pela USP e Venerando Santiago de Oliveira é bacharel e licenciado em Física pela Unicamp.

A obra é bastante ilustrada, focando principalmente nos conceitos. Em todos os capítulos do livro, as questões abordadas são todas discursivas, as questões de vestibular objetivas e as do ENEM são abordadas apenas no final de cada unidade.

Algo interessante presente na obra em análise é que no início de cada capítulo há uma imagem mostrando o fenômeno observado que será abordado ao longo do texto com três ou quatro questões, com o intuito do professor analisar as concepções prévias do aluno sobre o assunto. No final do capítulo, após ter estudado o assunto, os autores pedem para os alunos retornarem as questões e responder novamente e corrigir as respostas dadas antes de terem estudado o conteúdo. O conteúdo de refração da luz é sequenciado da seguinte forma:

- Capítulo 8- Refração da luz
  1. O que é a refração da luz.
  2. Leis da refração da luz.
  3. Reflexão total.
  4. Dispersão da luz
- Capítulo 9- Lentes Esféricas
  1. Lentes.
  2. Distância focal e vergência de uma lente.
  3. Formação de imagens com lentes esféricas.
  4. Equação das lentes.
  5. Alguns instrumentos ópticos.
- Capítulo 10- O olho humano
  1. O olho humano como instrumento óptico
  2. Defeitos da visão.
  3. A percepção das cores.
  4. O olho humano e a máquina fotográfica.

Comparando as três obras analisadas, apesar de algumas diferenças, todas abordam o conteúdo de forma clássica, ou seja, com aula expositiva do conteúdo e inúmeros exercícios, repetindo a mesma receita em todos os capítulos, sem trazer outras atividades que levem o discente a construir o conhecimento de forma diferenciada.

Dessa forma, a sequência didática elaborada nessa pesquisa vem com o intuito de abordar o conteúdo de refração luminosa de forma diferenciada, fazendo com que o aluno identifique a existência desse fenômeno no seu dia a dia e consiga explicá-lo por meio de conhecimentos científicos, que serão construídos pelo próprio aluno através das atividades diversificadas, com a mediação do professor. A ênfase principal é o uso de experimentos, tanto físicos como virtuais. A descrição detalhada da proposta de ensino encontra-se no capítulo 4 desta dissertação.

### 3.2 A PESQUISA

A presente investigação é de natureza qualitativa. Moreira (2009, p. 6-7) declara que o interesse central desse tipo de pesquisa é a análise interpretativa dos significados atribuídos pelos sujeitos a suas ações em uma realidade construída socialmente, por meio de observações

participativas. Os dados são ‘olhados’ numa perspectiva qualitativa e as hipóteses geradas durante todo o processo investigativo. André (1998, p. 17-18) afirma que a pesquisa qualitativa pode apresentar outras denominações, como naturalista, pois não envolve manipulação de variáveis e tratamentos experimentais; fenomenológica, porque se preocupa com os aspectos subjetivos do comportamento; e interacionista simbólica, porque acredita que a experiência humana é mediada pela interpretação autônoma.

Além dos termos descritos, o pesquisador Erickson (1986, p. 119) usa o termo “pesquisa interpretativa” no lugar de pesquisa qualitativa, pois evita a ideia de se tratar de algo essencialmente não quantitativo e destacar o interesse central que é o significado humano no contexto social e a “aclaração” do pesquisador. Com isso, ele destaca três aspectos importantes que envolvem a pesquisa qualitativa: intensa participação do pesquisador, registros minuciosos como fontes de evidências, como anotações, vídeos e áudios e uma análise reflexiva de todos os registros.

Na abordagem qualitativa da pesquisa, há distintas metodologias, porém três são as mais importantes que merecem destaque: etnografia, estudo de caso e pesquisa-ação (MOREIRA, 2009, p. 8).

A etnografia é uma metodologia usada para estudar, compreender e descrever uma determinada cultura, o estilo de vida de um determinado grupo, seus costumes, ideias, concepções e comportamentos. Nessa metodologia, o pesquisador, geralmente, participa da vida normal do grupo pesquisado, onde é realizada uma observação participativa do cenário natural dos eventos, desenvolvendo uma compreensão empática (OGBU et al., 1988, p. 48).

Moreira (2009, p. 13) caracteriza o estudo de caso como compreensão de um caso e explicação do como e porque ocorrem determinadas coisas. O estudo de caso se baseia em uma tradição holística de pesquisa, na qual as características de uma parte são determinadas por todo o contexto que o envolve.

A pesquisa-ação, por sua vez, apresenta como objetivo melhorar a prática em vez de gerar conhecimento, é uma forma de pesquisa coletiva auto reflexiva, a qual os participantes buscam melhorar a produtividade. Na pesquisa educacional, os professores são incentivados a questionar suas ideias e práticas pedagógicas nos seus próprios contextos, com objetos de análise e crítica (KEMMIS, 1988, p. 174)

### 3.2.1 Sujeitos

O produto educacional foi aplicado a uma turma de 3º ano do Ensino Médio do Curso Normal (CN), antigamente denominado de Formação de Professor, do Colégio Estadual Frei Tomás, em Itaocara-RJ, na região noroeste do estado do Rio de Janeiro, no primeiro bimestre do ano letivo de 2019.

Na matriz curricular, a disciplina de Física é trabalhada em apenas duas séries, o primeiro e o terceiro ano, conforme mostra o Quadro 3:

**Quadro 3:** Estrutura Curricular do Ensino Médio – Curso Normal da SEEDUC - RJ.

ÁREA DO CONHECIMENTO	COMPONENTE CURRICULAR	CARGA HORÁRIA SEMANAL			CARGA HORÁRIA ANUAL			TOTAL
		SÉRIE			SÉRIE			
		1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	
CIÊNCIAS DA NATUREZA	BIOLOGIA	2	2	0	80	80	0	160
	FÍSICA	2	0	2	80	0	80	160
	QUÍMICA	2	2	0	80	80	0	160
MATEMÁTICA	MATEMÁTICA	4	4	4	160	160	160	480
CIÊNCIAS HUMANAS	FILOSOFIA	2	0	0	80	0	0	80
	GEOGRAFIA	2	2	0	80	80	0	160
	HISTÓRIA	2	2	0	80	80	0	160
	SOCIOLOGIA	2	2	0	80	80	0	160
LINGUAGENS	ARTE	2	0	2	80	0	80	160
	EDUCAÇÃO FÍSICA	2	2	2	80	80	80	240
	LÍNGUA PORTUGUESA/LITERATURA	4	4	4	160	160	160	480
	LÍNGUA ESTRANGEIRA OBRIGATÓRIA	2	2	2	80	80	80	240
	LÍNGUA ESTRANGEIRA OPTATIVA	1	1	1	40	40	40	120
ENSINO RELIGIOSO	ENSINO RELIGIOSO	1	1	1	40	40	40	120
LINGUAGENS DE INCLUSÃO	INTEGRAÇÃO DAS MÍDIAS E NOVAS TECNOLOGIAS	2	0	0	80	0	0	80
	TEMPOS PARA ÊNFASE NO PPP/LIBRAS	0	0	2	0	0	80	80
FUNDAMENTOS DA EDUCAÇÃO	HISTÓRIA E FILOSOFIA DA EDUCAÇÃO	0	2	2	0	80	80	160
	SOCIOLOGIA DA EDUCAÇÃO	0	0	2	0	0	80	80
	PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO	0	2	2	0	80	80	160
	POLÍTICA EDUCACIONAL E ORG. DO SISTEMA DE ENSINO.	0	0	2	0	0	80	80
FORMAÇÃO COMPLEMENTAR	PROCESSOS DE ALFABETIZAÇÃO E LETRAMENTO	0	2	2	0	80	80	160
CONHECIMENTOS	CONHECIMENTOS DIDÁTICOS PEDAGÓGICOS EM EDUCAÇÃO INFANTIL	2	2	2	80	80	80	240

DIDÁTICOS METODOLÓGICOS	CONHECIMENTOS DIDÁTICOS PEDAGÓGICOS EM ENSINO FUNDAMENTAL	0	2	2	0	80	80	80
	CONHECIMENTOS DIDÁTICOS PEDAGÓGICOS EM EDUCAÇÃO ESPECIAL NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA	0	2	0	0	80	0	80
	CONHECIMENTOS DIDÁTICOS PEDAGÓGICOS EM EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	0	0	2	0	0	80	80
PRÁTICAS	PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E INICIAÇÃO À PESQUISA	3	6	8	120	240	320	680
	BRINQUEDOTECA	1	0	0	40	0	0	40
	ARTE EDUCAÇÃO	0	1	0	0	40	0	40
	PRÁTICAS PSICOMOTORAS	0	1	0	0	40	0	40
	VIDA E NATUREZA	0	0	1	0	0	40	40
	ATENDIMENTO EDUCACIONAL ESPECIALIZADO	0	0	1	0	0	40	40
	LINGUAGENS E ALFABETIZAÇÕES	0	0	1	0	0	40	40
	CULTURAS	0	0	1	0	0	40	40
<b>CARGA HORÁRIA TOTAL</b>		<b>38</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>1520</b>	<b>1760</b>	<b>1920</b>	<b>5200</b>

Fonte: Resolução SEEDUC N° 5.330, de 10 de setembro de 2015.

O Currículo Mínimo de Física do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012) na modalidade do CN, prioriza abordar conceitos e temas que sejam imprescindíveis para ensinar, como futuros docentes, nas primeiras etapas da Educação Básica.

Desses conceitos a serem discutidos nas aulas de Física, optou-se por: Universo, geração e consumo de energia, propagação de ondas, natureza da luz e fenômenos eletromagnéticos, pois esses assuntos permitem uma compreensão mais geral das explicações físicas de diversos fenômenos naturais, como mostra a Figura 22 (RIO DE JANEIRO, 2012).

Colocar essas questões em prática não é fácil e, por isso, a intenção do Currículo Mínimo é apontar habilidades e competências que ajudem você, professor da rede estadual de ensino, a abordar os conceitos mais adequados para essa tarefa. Sabemos que alguns professores sentirão falta de muitos conceitos que, tradicionalmente, são abordados nos cursos de Física – cinemática, termologia e tantos outros. Entretanto, entendemos que esses conteúdos acrescentam pouco à visão de mundo que a Física ajudou a construir. Não queremos cair numa armadilha utilitarista de que o ensino de Física deve explicar como as coisas funcionam, mas é necessário que os alunos percebam que, através da compreensão de alguns conceitos e de como eles foram construídos historicamente, poderão interpretar e interferir mais ativamente no mundo a sua volta. Nessa linha de raciocínio, é fundamental que os estudantes tomem conhecimento de alguns temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para que percebam a importância da Física no mundo atual (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3).

Figura 22: Habilidades e competências da disciplina de Física no Ensino Médio (CN).

Física		1ª SÉRIE - ENSINO MÉDIO
<b>1º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>MODELO DE UNIVERSO GEOCÊNTRICO, HELIOCÊNTRICO E SISTEMA PLANETÁRIO</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender os modelos científicos que consolidam o lugar do homem no universo;            Discutir que a construção do conhecimento físico se dá através de um processo histórico;            Reconhecer modelos científicos que sejam correlatos com a natureza dialética;            Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas;            Identificar a importância das constelações para os povos antigos;            Compreender a importância da ruptura entre o modelo geocêntrico e o modelo heliocêntrico do sistema solar.</p>	
<b>2º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>CONCEITO DE FORÇA, LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL E TEORIAS ATUAIS DA ORIGEM DO UNIVERSO</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender a organização estrutural do sistema solar e sua inserção no universo;            Diferenciar teorias modernas da formação do universo;            Demonstrar as estações do ano pela posição relativa do eixo de inclinação do planeta Terra em relação ao sol;            Conhecer o processo de geração do dia e das noites e a formação dos eclipses;            Compreender as interações gravitacionais, identificando a força gravitacional e o campo gravitacional para explicar aspectos do movimento de planetas, cometas, satélites e naves espaciais;            Conhecer os modelos atuais do Universo (Evolução estelar, buracos negros e Big-Bang).</p>	
<b>3º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>CALOR, TEMPERATURA E TRANSMISSÃO DE CALOR</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender que o modelo atomista da matéria explica a transmissão da energia térmica;            Relacionar o modelo atomista da matéria com os conceitos de calor, temperatura e energia interna;            Distinguir a relação entre variação de energia térmica e temperatura para avaliar mudanças na temperatura e/ou mudanças de estado da matéria, em fenômenos naturais ou processos tecnológicos;            Conhecer os processos de transmissão de calor e sua importância para compreender fenômenos ambientais.</p>	
<b>4º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>USINAS TERMELÉTRICAS, HIDRELÉTRICAS E NUCLEARES</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender as diferentes manifestações da energia na natureza;            Conhecer a matriz energética brasileira;            Compreender o funcionamento de usinas termelétricas, hidrelétricas e nucleares, destacando suas capacidades de geração de energia, os processos de produção e seus impactos locais, tanto sociais como ambientais. Avaliar as vantagens e desvantagens na construção e funcionamento dessas usinas;            Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais energéticos ou matérias-primas, considerando os processos físicos neles envolvidos.</p>	

Física		3ª SÉRIE - ENSINO MÉDIO
<b>1º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>CARACTERÍSTICA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender a luz como um fenômeno eletromagnético;            Discutir com o(a) construtor(a) do conhecimento físico relacionado à luz se deu através de um processo histórico;            Compreender a luz como uma parte do espectro eletromagnético;            Atribuir à luz caráter dual;            Relacionar os instrumentos ópticos e sua utilização no mundo atual, por exemplo, a câmara escura, o olho humano, a lupa, a luneta etc.</p>	
<b>2º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>ONDAS E ENERGIA</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Diferenciar as ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas.            Analisar os fenômenos ondulatórios e sua importância para a comunicação moderna;            Compreender o processo tecnológico utilizado na comunicação e na exploração espacial;            Identificar os fenômenos ondulatórios utilizados na tecnologia atual;            Caracterizar unidades e padrões de oscilação em fenômenos do cotidiano;            Relacionar as diferentes grandezas associadas aos fenômenos ondulatórios.</p>	
<b>3º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>APLICAÇÕES DA CORRENTE ELÉTRICA NO COTIDIANO</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender a importância da eletricidade nos avanços tecnológicos e sua função na sociedade;            Avaliar os efeitos da corrente elétrica no corpo humano;            Reconhecer a importância do desenvolvimento dos estudos em torno do eletromagnetismo para o processo de industrialização;            Mensurar a importância tecnológica do eletromagnetismo e sua função na sociedade.</p>	
<b>4º Bimestre</b>		
<b>Campo</b>	<b>PROPRIEDADES DOS ÍMÃS, CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE E A BÚSSOLA, INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA</b>	
<b>Habilidades e Competências</b>	<p>Compreender as características dos ímãs;            Identificar o uso de dispositivos eletromagnéticos na tecnologia atual;            Compreender o funcionamento de dínamos e motores elétricos.            Conhecer a natureza do polo magnético da Terra;            Identificar características que possibilitam a navegação no globo terrestre (a bússola);            Associar o movimento ordenado dos elétrons (a corrente elétrica) a uma fonte de campo magnético.</p>	

Fonte: Rio de Janeiro (2012).

Atualmente, o Colégio Estadual Frei Tomás apresenta 604 alunos divididos em 30 turmas: Ensino Fundamental 2º segmento, Ensino Médio regular diurno, Ensino Médio do Curso Normal (CN), Ensino Médio regular noturno, Novo Ensino de Jovens e Adultos (NEJA) e Classe de Aceleração.

A escola apresenta 33 aulas semanais de Física divididos em 15 turmas que apresentam a disciplina de Física no componente curricular. Atualmente, são cinco

professores que lecionam a disciplina na escola. Apenas um professor é licenciado em Física e os demais são habilitados a lecionar a disciplina devido à carga horária de disciplinas na área de Física cursadas na graduação e comprovadas no histórico escolar. Além disso, três desses professores lecionam em mais de três escolas o que dificulta a formação continuada dos docentes.

### 3.2.2 Instrumentos

As investigações são melhor compreendidas quando ocorrem em seu ambiente próprio, na investigação qualitativa a fonte de dados é o ambiente natural e o investigador é o instrumento principal. Os dados registrados através dos materiais são analisados pelo investigador e seu entendimento é o instrumento chave de análise (BOGDAN; BIKLEN, 1991, p. 47). Durante toda a aplicação do produto educacional serão consideradas as observações e anotações docentes do comportamento da classe e do esforço comportamental, atitudinal e cognitivo dos alunos.

Durante cada etapa da sequência didática, foram utilizadas as atividades escritas, cujas respostas também serviram de dados para análise dos resultados.

Ao final, houve uma avaliação com questões discursivas sobre o conteúdo e um mapa conceitual para verificar a construção dos conceitos que envolvem o assunto, principal foco da pesquisa.

## 4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O produto educacional desenvolvido é uma sequência didática nos moldes de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (MOREIRA, 2011), que apresenta atividades diversificadas para o ensino de refração da luz e lentes esféricas no Ensino Médio. Com o intuito de buscar uma forma eficaz de aprendizagem desses conceitos de óptica geométrica, o produto enfatiza, principalmente, atividades com experimentos físicos e simuladores, além de aulas teóricas e resoluções de questões propostas por vestibulares e pelo ENEM. O produto apresenta dez atividades investigativas seguindo a proposta de Moreira (2011) e alicerçadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), conforme descrita no capítulo 2.

A seguir, apresenta-se a proposta das atividades de cada momento, destacando-se os objetivos de cada tarefa elaborada.

### Primeira Atividade Investigativa – questionário de coleta das concepções prévias

A primeira atividade investigativa (Apêndice A) consiste de um questionário com oito questões que abordam situações que envolvem conceitos que serão trabalhados durante todo o produto. As questões são todas contextualizadas e apresentam ilustrações para atrair a atenção e buscar o entendimento do aluno acerca do fenômeno descrito, conforme mostra a Figura 23:

**Figura 23:** Exemplo de questão.

#### QUESTÃO 1

Seu professor, Ronald, foi acampar sozinho no meio da mata na Serra da Bolívia em Aperibé (Rio de Janeiro). Ao entardecer precisou acender uma fogueira para se manter aquecido durante a noite, no entanto, esqueceu de levar fósforo, porém, em sua bolsa tinha uma lupa que seu avô tinha dado para ele. Ronald lembrou que viu em um desenho animado que acendia uma fogueira utilizando uma lupa. Como seria possível colocar fogo utilizando uma lupa?



Fonte: Apêndice A.

Essa atividade visa buscar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de refração da luz e lentes esféricas (MOREIRA; GRECA, 2003, p. 306). A psicologia ausubeliana afirma que aprender é relacionar um novo conhecimento com aquele já existente, portanto, o fator isolado mais influenciador na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 13). Lemos (2011, p. 12) afirma que é extremamente importante, tanto a natureza da estrutura cognitiva do aluno, quanto o do conhecimento a ser aprendido, para a organização de um material de ensino que seja potencialmente significativo e, com isso, gere uma possível aprendizagem significativa.

No final da aula, após todos os alunos terem respondido o questionário, o professor separará a turma em dois grupos e é sorteado o tema do seminário que será apresentado pelos grupos como a nona atividade investigativa.

### **Segunda Atividade Investigativa – vídeos com experimentos como organizador prévio**

Nessa atividade (Apêndice A) serão apresentados quatro vídeos de curta duração que mostram experimentos básicos abordando o assunto refração da luz, assunto presente em algumas questões do questionário da atividade anterior.

Após assistir cada vídeo, os alunos irão responder alguns questionamentos, os quais deverão explicar os fenômenos descritos em cada experimento e supor o motivo pelo qual ocorrem.

Organizadores prévios são materiais introdutórios aplicados antes do material de aprendizagem do conteúdo. Esses organizadores prévios são importantes, pois atuam como “pontes cognitivas” facilitando a aprendizagem. Na realidade, os organizadores prévios podem, além de estabelecer relações entre ideias e conceitos já existentes na sua estrutura cognitiva (subsunçores) e aqueles existentes no material didático, também podem atuar como “ideias âncoras” relevantes para a compreensão do novo assunto (MOREIRA, 2008, p. 24).

Dessa forma, esse autor declara que os organizadores prévios devem apresentar as seguintes atribuições: detectar o conteúdo que é relevante na estrutura cognitiva e mostrar sua importância para a aprendizagem do novo material, este com um nível mais alto de abstração; fornecer uma visão geral do conteúdo; estabelecer relações importantes e prover um contexto de ideias que possa ser utilizado para assimilação de novos conhecimentos de forma significativa (MOREIRA, 2008, p. 24-25).

Esta atividade tem como principal objetivo iniciar o tema refração e suscitar reflexões conceituais para a introdução teórica formal do assunto, tema da próxima atividade.

### **Terceira Atividade Investigativa – aula expositiva dialogada**

A terceira atividade investigativa (Apêndice A) consiste de uma aula expositiva sobre o conteúdo de índice de refração e refração da luz, além disso, durante a explanação o professor retornará à atividade realizada no segundo encontro e explicará cada um dos experimentos. Ao final da aula os alunos irão responder dois exercícios que abordam os conceitos quantitativos e qualitativos da Lei de Snell.

Após a apresentação dos organizadores prévios, a aula apresentada nessa terceira atividade investigativa abordará o conteúdo de forma geral e introdutória, sendo mais especificada nos demais encontros, seguindo os princípios de diferenciação progressiva, expondo exemplos posteriores que serão apresentados de forma mais específica nas demais atividades investigativas (MOREIRA, 2011, p. 4).

Moreira declara ainda que os conceitos interagem com os novos conteúdos, servindo de base para absorção de novos significados. Essa transformação progressiva vai tornando o subsunçor mais diferenciado, atuando como ancorador para novas aprendizagens (MOREIRA, 2010, p. 6). Dessa forma, a próxima atividade investigativa irá reforçar a diferenciação progressiva, servindo de base para a atribuição de novos significados que irão se modificando em função da interação.

### **Quarta Atividade Investigativa – atividade prático-experimental virtual sobre refração/ atividade prático-experimental físico**

Essa atividade envolve a utilização de um experimento virtual (Apêndice A), mais especificamente, um simulador *PHET Interactive Simulations*, que é um *software* representando um laboratório virtual que possui inúmeras simulações de experimentos científicos desenvolvido por uma Universidade do Colorado, em Boulder (*University of Colorado at Boulder*), nos Estados Unidos da América ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)).

Nesse simulador, o aluno estudará o fenômeno de refração da luz e deverá realizar sete procedimentos descritos em forma de questões. As questões envolvem conceitos e a utilização da Lei de Snell sobre refração da luz.

Para realizar as atividades, os alunos poderão se reunir em duplas ou trios, de acordo a disponibilidade de computadores no laboratório de informática da escola.

Santos, Alves e Moret (2006, p. 59) afirmam que são simulações divertidas e atrativas dos fenômenos físicos, que servem para aprimorar o entendimento dos conteúdos ministrados

na aula teórica, facilitando a absorção do assunto. Essas simulações também são consideradas ferramentas da computação que auxiliam na construção do conhecimento e podem ser utilizadas como estratégias para a diferenciação progressiva dos significados existentes na estrutura cognitiva do aluno, principalmente em função com as abordagens teóricas introdutórias, de caráter geral (MOREIRA, 2010, p. 6; 2011, p. 4).

#### **Quinta Atividade Investigativa – aula expositiva dialogada/questões**

Nesse momento será realizada uma aula expositiva e resolução de questões sobre ângulo limite e reflexão total, formação de miragens e dispersão da luz. Após a explicação do conteúdo, os alunos irão responder quatro questões sobre o assunto trabalho.

A quinta atividade investigativa consiste de uma reconciliação integrativa a partir da temática refração discutida de forma mais abrangente nas atividades anteriores. Uma sequência didática não deve apenas proporcionar a diferenciação progressiva, mas explorar de forma explícita os conceitos e proposições, mostrar diferenças e relações relevantes, e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes (MOREIRA, 2010, p. 5; POZO, 1998, p. 217).

#### **Sexta Atividade Investigativa – aula expositiva dialogada sobre lentes**

A sexta atividade investigativa começa a abordar o assunto de lentes esféricas que irá se desenvolver em todas as demais atividades investigativas. Inicialmente, será apresentada uma aula com a definição de lentes, identificação dos elementos geométricos das lentes, diferença entre lentes divergentes e convergentes, conceito de foco e vergência, além do olho humano e a formação da visão. Após a apresentação do conteúdo, os alunos irão responder sete questões sobre o assunto trabalho.

Nessa etapa é iniciada uma nova fase de diferenciação progressiva, onde será trabalhado de forma geral o conteúdo de lentes, no entanto, também haverá reconciliação integrativa, pois é necessário recorrer aos conceitos de índice de refração e refração da luz para o entendimento do novo assunto. Conforme mostra Pozo (1998, p. 221), a aprendizagem significativa é um produto direto ou indireto da instrução, assim como a organização dos assuntos como parte constitutiva da reestruturação de conhecimentos que será produzida.

#### **Sétima Atividade Investigativa – atividade prático-experimental sobre lentes**

Esta atividade consiste de uma tarefa experimental para avaliar a formação de imagens com lentes. Os alunos irão receber *kits* de lentes e deverão reproduzir em um papel milimetrado os desenhos correspondentes às imagens das lentes e responder as questões presentes no roteiro.

Essa atividade é um momento importante de diferenciação progressiva, quando os alunos irão aplicar a teoria anterior sobre lentes nas atividades experimentais propostas. As questões permitem também uma aplicação do conhecimento e uma oportunidade de reconciliação frente ao marco teórico apresentado.

A presença constante de questões em todas as etapas do produto educacional é uma oportunidade para os alunos serem avaliados constantemente e permite ao professor/pesquisador se manter atento aos diversos níveis de aprofundamento diante do objetivo principal que é a aprendizagem significativa dos conteúdos abordados. Tais questões, também são um momento de situar o conteúdo frente às diversas possibilidades de aplicação, o que entra em ressonância com a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (1990), muito por Moreira (2011) em suas elaborações sobre UEPS.

### **Oitava Atividade Investigativa – aula expositiva sobre lentes**

A oitava atividade investigativa consiste de uma aula expositiva sobre o estudo analítico das lentes, a utilização das equações de Gauss e a conversão de sinais utilizados nessas equações e distúrbios de visão. Após a explicação do conteúdo e a resolução de duas aplicações envolvente as equações de Gauss, os alunos irão resolver seis questões discursivas sobre o assunto.

### **Nona Atividade Investigativa – seminários sobre instrumentos óticos**

Nessa etapa as duas equipes divididas no primeiro encontro apresentam os seminários sobre instrumentos óticos: trazem os instrumentos óticos feitos com material de baixo custo e explicam para a turma o seu funcionamento de acordo com o suporte teórico fornecido nas aulas durante as atividades.

Este é um momento privilegiado de avaliação e de reconciliação integradora, quando a turma se mobiliza em torno destas importantes aplicações do estudo das lentes, ou seja, os instrumentos óticos.

### **Décima Atividade Investigativa – avaliação/mapa conceitual/questões**

A última atividade investigativa é avaliativa, agrupada em duas etapas. Na primeira etapa, os alunos sentados em duplas realizarão um mapa conceitual do conteúdo trabalhado durante toda a sequência didática. Para isso, o professor, no início da aula, explicará o que é um mapa conceitual e irá confeccionar um no quadro sobre um tema qualquer, para servir de exemplo para a classe. A segunda etapa avaliativa será uma sequência de questões a serem resolvidas individualmente, sem consulta, para analisar o entendimento do conteúdo trabalhado.

Os mapas conceituais se apresentam como atribuição auxiliar para o docente/pesquisador analisar como os seus alunos pensam e organizam os conceitos de um determinado assunto, além de identificar conceitos alternativos existentes na cognitiva do discente. Essa ferramenta apresenta diversos pontos positivos, como enfatizar a estrutura conceitual, indicar que os conceitos apresentam um grau de inclusividade e generalidade, apresentar de forma hierárquica esses conceitos e fornecer uma visão integrada do aprendiz (MOREIRA, 1979, p. 284).

Esses dois momentos são essencialmente de reconciliação integradora, englobando todo o conteúdo teórico trabalhado.

## 5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

A implementação do produto educacional foi realizada no período de 13 de março até o dia 08 de maio no ano letivo de 2019, totalizando 20 aulas em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio do curso normal (CN) no Colégio Estadual Frei Tomás, no município de Itaocara, cidade do noroeste do estado do Rio de Janeiro.

A turma na qual foi realizada a pesquisa é composta por 26 alunos, apresentando uma homogeneidade na questão financeira e, em sua maioria, estudam juntos há muitos anos, havendo uma grande ligação de amizade entre eles.

Em seguida são apresentadas as observações docentes e a participação da turma diante do material didático proposto para cada atividade investigativa.

### **Primeira Atividade Investigativa – questionário de coleta das concepções prévias**

Inicialmente, houve uma conversa com a turma, informando que seria submetida a uma pesquisa de mestrado do professor-pesquisador e que as atividades realizadas seriam os instrumentos avaliativos do bimestre, portanto, seria necessária a presença de todos os alunos da turma. Foi deixado claro que os instrumentos de avaliação seriam as atividades realizadas a cada aula, a avaliação formativa no final sobre o assunto abordado e a participação nas tarefas.

A partir disso, iniciou-se a aplicação da sequência didática. Primeiramente foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário com oito questões. Nesse momento, o aluno A1 diz:

“Mas, professor, eu não sei a matéria. Eu não estudei.”

Com isso, o professor tranquilizou a turma falando que o questionário apresenta a função de coletar o conhecimento prévio dos alunos, portanto, cada aluno deveria escrever como ele explica cada fenômeno a partir dos conhecimentos que ele possui, sem se preocupar com certo ou errado, visto que não tiveram uma aula teórica sobre o assunto.

A aluna A2 preocupada declara:

“Professor, não tivemos Física ano passado, não sabemos praticamente nada, e no primeiro ano o professor de Física entrou de licença, ficamos muito tempo sem aula.”

A afirmação da aluna se justifica, pois, o curso de formação normal do Ensino Médio das escolas estaduais do estado do Rio de Janeiro é voltada para formação de professores de educação infantil e professores do Ensino Fundamental do primeiro segmento (1º ao 5º ano), portanto, apresentam carga horária reduzida das disciplinas de Física, Química e Biologia para atender as disciplinas de formação pedagógica e estágio obrigatório nas escolas e creches municipais. Os alunos possuem aulas de Física apenas no primeiro e no terceiro ano do Ensino Médio, com duas aulas semanais e os conteúdos são relacionados a conceitos de ciências necessárias para a formação profissional dos alunos.

Em seguida os alunos, agora mais tranquilos, começaram a responder o questionário e ficaram entusiasmados com as questões. A3 afirma:

“Nunca pensei em saber o porquê o arco-íris apresenta a forma de um arco, já vi a explicação de como ele se forma.”

Nesse instante, o aluno A4 chama o professor e pergunta baixinho:

“Ronald, o céu é azul, pois reflete a cor do oceano, não é?”

Para não induzir as respostas, o professor afirma que todos esses questionamentos seriam esclarecidos ao longo das aulas e que eles deveriam responder o que cada um acha, sem olhar a resposta do colega.

**Figura 24:** Aplicação do questionário de coleta dos conhecimentos prévios.



Fonte: Autoria própria.

Algumas respostas dos questionamentos presentes devem ser evidenciadas, como na primeira questão, a qual aluna A5 descreve:

“Com a incidência de luz solar na lupa seria possível produzir fogo, pois a energia do sol seria transmitida para a palha, por exemplo, gerando uma eletricidade que produz fogo.”

Já a aluna A6 afirma que é possível o fenômeno devido à reflexão:

“Utilizando o reflexo dos raios solares.”

No questionamento sobre a formação de miragens (segunda questão), como o exemplo do asfalto quente que parece estar molhado, diferentes respostas surgiram:

“Como estava muito quente o asfalto estava transpirando, assim como nós quando estamos com muito calor.” (A5)

“O asfalto parece estar molhado, pois a água está em processo de vaporização.” (A7)

Na questão três do questionário, é solicitado aos alunos que indicassem se uma pessoa sentada na borda da piscina com as pernas dentro da água teria a impressão de ver suas pernas mais curtas, mais compridas ou não teria diferença e qual seria a explicação, algumas considerações feitas são destacadas a seguir:

“Isso seria ilusões ópticas, através do reflexo do sol na água.” (A8)

“Curtas, por causa da movimentação da água que dava deformação em sua perna.” (A9)

“Compridas, por causa da síntese da água com o cloro da piscina.” (A10)

Na quarta questão, sobre o porquê o céu no referencial da Terra é azul e na Lua é negro, as seguintes respostas são destaque:

“Na Lua o céu é negro, pois não tem luz e está no espaço, na Terra o céu é azul pois tem luz do sol.” (A1)

“Porque na Terra temos a camada de ozônio que reflete a cor azul na luz e na Lua não temos essa camada por isso vemos tudo preto.” (A11).

“Por que ao sair da atmosfera a camada [de ar] é diferente, além disso, da Terra a Lua é bem diferente, como é longe se vê tudo negro.” (A12)

“Por que na Terra você está por baixo do céu. Já na Lua você está por cima do céu.” (A13)

“Por que ao olharmos da Terra, olhamos com a presença de gases nobres na atmosfera. Ao olharmos do espaço, não se obtém esses gases.” (A10)

Em justificativa de uma imagem maior e outra menor de diferentes lentes (quinta questão), os alunos argumentaram:

“Porque as lentes não têm a mesma espessura.” (A10)

“Porque uma é para perto e a outra é para longe.” (A14)

“Porque cada uma tem sua forma de absorver a luz e refletir.” (A7)

“Provavelmente cada lente tem um material diferente com isso temos uma lente que se aproxima mais.” (A15)

Na questão seguinte (sexta), é solicitado que os alunos expliquem como o arco-íris é formado e o porquê apresenta o formato de um arco. Algumas explicações feitas pelos alunos são descritas a seguir:

“A junção da chuva com o sol faz com que as cores sejam refletidas, formando o arco-íris.” (A16)

“A luz do arco-íris é formada com o reflexo do sol na água, assim que chove e o formato seria um pouco semelhante ao formato da terra.” (A17)

“O arco-íris é formato de tantas cores porque a água presente no céu reflete essas cores da luz e tem esse formato por causa do formato nosso olho.” (A11)

“A luz solar extrai as cores do solo e das coisas que existem na Terra.” (A5)

“Na minha opinião, o arco-íris é um fenômeno que vem depois da chuva, esse arco cerca o mundo inteiro.” (A1)

“Pois a luz do sol reflete no chão úmido dando um formato de arco e cores.” (A18)

“Por causa dos raios ultravioletas. Os raios de sol se refletem na água.” (A8)

No penúltimo questionamento (sétima questão) é solicitado ao aluno que explicasse o motivo pelo qual ao entardecer é comum verificar a cor avermelhada no céu no horizonte. A seguir, algumas explicações feitas pelos discentes:

“Ao fim do dia a luz solar já está batendo com menos intensidade e, como é um efeito lento em nossa percepção acabamos tendo essa percepção.” (A20)

“Quando o Sol está se pondo, as cores do céu se misturam com as cores do Sol, que também refletem na água do oceano aí fica essa cor avermelhada.” (A12)

“Quer dizer que vai fazer calor no dia seguinte.” (A19)

“Se trata dos raios solares refletindo com o mar.” (A21)

“O céu fica avermelhado, pois o Sol é uma bola de fogo e o fogo é avermelhado”. (A5)

“No fim da tarde quando o sol vai se pondo ele fica muito perto do mar e reflete uma cor meio avermelhada.” (A22)

Por fim, a última pergunta (oitava questão) interpela se já ouviram falar sobre refração da luz e é pedido que escrevam sobre o assunto. Algumas considerações feitas pelos alunos:

“Não, não sei muito bem sobre refração, mas acho que é o reflexo que dá das coisas.” (A22)

“Sim, é quando a luz bate em algo e reflete de volta para o meu olho. Um exemplo seria o que acontece quando eu olho meu reflexo no espelho.” (A5)

“Sim, a imagem fica distorcida e fica ao contrário.” (A9)

“A refração da luz é como ela interage com os objetos.” (A11)

“Acredito que seja o reflexo da luz que passa pela água, vidro e se torna algo depois.” (A23)

Após os alunos responderem as questões, o professor dividiu a turma em dois grupos para a iniciarem a elaboração da nona atividade investigativa (tarefa de casa para posterior apresentação), no entanto, a turma pediu que dividisse em um grupo dos meninos e um grupo das meninas e foi feito o sorteio do tema. Dessa forma, o grupo dos meninos ficou com a função de construir a luneta e as meninas, o microscópio.

### **Segunda Atividade Investigativa – vídeos com experimentos como organizador prévio**

Na aula seguinte, os alunos perguntaram ao professor se já havia corrigido o questionário e se foram bem na atividade. Foi informado que a partir de então as respostas corretas seriam respondidas durante as próximas atividades investigativas.

O professor havia feito o agendamento prévio do uso do aparelho de *datashow*, no entanto, a chave da sala onde o aparelho havia sido guardado não estava na coordenação de turno e houve um atraso de quinze minutos para o início da aula. A execução das tarefas não sofreu prejuízo pelo atraso.

Antes da apresentação dos vídeos, o professor explicou a atividade e distribuiu as perguntas que eles deveriam responder.

**Figura 25:** Aplicação da atividade com os vídeos.



Fonte: Autoria própria.

No experimento da caneta que “entorta” na água, os alunos fizeram algumas observações que são descritas a seguir:

“A água no copo reflete que a caneta tá quebrada porque ela é transparente e como o copo também é aí reflete que está quebrada.” (A22)

“Pois, quando a água entra na caneta faz existir uma deformação, porém a caneta não mudou, é apenas uma impressão.” (A18)

“Porque com a água a caneta vai flutuar e com isso a caneta vai apresentar um aspecto distorcido.” (A1)

“Na minha opinião, a caneta sugou a água do copo, por causa do oxigênio.” (A13)

“A água dá o reflexo de quebrado na caneta, porque o oxigênio da água reflete e com o movimento ela aparece quebrada.” (A12)

Os dois questionamentos a seguir são referentes ao experimento intitulado “garrafa que desaparece” o qual pede que os alunos descrevam uma explicação do porquê a garrafa desaparece e se aconteceria a mesma coisa se no lugar da glicerina tivesse uma outra substância como a água, por exemplo.

A aluna A14 afirma:

“Não sei. Eu acho que é por causa da substancia que existe na glicerina.”

“Não. Pois a substância que tem na glicerina não tem na água.”

Já a aluna A12 declara na sua explicação que é devido à viscosidade do líquido:

“Isso acontece porque tanto a garrafa quanto o copo são transparentes, aí colocando glicerina desaparece, pois é uma substância gelatinosa.”

“Não, pois a água é rala e daria para ver os lados da garrafa, como a outra substância é meio gelatinosa e gruda nos cantos dá esse de transparência.”

Certos alunos fizeram uma interligação com a química para explicar o experimento:

“Por causa da síntese da glicerina com elementos oriundos.”

“Sim, por causa da síntese da água.” (A24)

“Porque os dois lugares que estão preenchidos pela glicerina obtêm mesma densidade. (A26)”

“Não, pois a glicerina é mais densa que a água”. (A7)

No experimento das esferas que desaparecem são destacadas algumas explicações:

“A bola de silicone é mais densa.” (A7)

“Pois na água elas se dilatam e se misturam, sendo da mesma cor, elas somem.” (A8)

“Porque a bolinha de silicone tem a mesma substância da água.” (A18)

No último experimento, sobre a distorção de linhas retas observadas através da água, algumas explicações são destacadas a seguir:

“A água faz com que ele reflète do lado oposto como se fosse um espelho.” (A12)

“É por causa da refração de luz, é refletido e assim, distorcido.” (A7)

### **Terceira Atividade Investigativa – aula expositiva dialogada**

Inicialmente, foi elaborada uma apresentação com *slides* para a exposição do conteúdo, no entanto, como o auditório e os aparelhos de *datashow* estavam já todos

reservados para outros professores, houve a entrega do resumo do conteúdo e a aula foi realizada na sala com a utilização do quadro.

Na aula foram expostos os tópicos de índice de refração, refringência, refração da luz, refração e aspecto ondulatório da luz. Também foram melhor explicados os exemplos descritos nas duas atividades realizadas nas semanas anteriores.

Ao final, os alunos responderam duas questões sobre os assuntos abordados na aula. A Figura 26 mostra os alunos realizando a atividade.

**Figura 26:** Alunos realizando a terceira atividade investigativa.



Fonte: Autoria própria.

Na primeira questão há sete perguntas, identificadas pelas letras **a** até **g**, sobre uma situação a qual a luz presente no ar, com um ângulo de incidência de  $45^\circ$ , atravessa o vidro com um ângulo de refração de  $30^\circ$ . Na letra **a**, sobre a refringência dos meios, todos os alunos acertaram, no entanto, na letra **b** que questionava o motivo pelo qual o raio de luz se aproxima da normal, a metade dos alunos não se saiu bem; 31% explicaram de forma equivocada declarando que o ar apresenta um índice de refração maior que o vidro; apenas 19%, ou seja, cinco alunos, conseguiram justificar corretamente.

Na letra **c**, ao indicar qual dos dois meios apresenta maior frequência, 35% responderam corretamente afirmando que a frequência é a mesma para os dois meios; 46% colocaram como resposta o vácuo, com isso, se nota que eles apresentaram dificuldade em diferenciar velocidade da onda com a frequência, pois o conteúdo de ondulatória é dado após o assunto de óptica geométrica; 19% não responderam. Na letra **d**, sobre a Lei de Snell-Descartes, para calcular o índice de refração do vidro, 58% calcularam e acharam a resposta

corretamente; 23% cometeram um erro de aproximação do seno de  $45^\circ$  e acharam o índice de refração como 1,5; 19% fizeram o cálculo de forma incorreta. Essas mesmas porcentagens se repetem para as respostas da questão e, que solicita calcular a velocidade da luz no vidro. Na questão f, que pede para indicar qual meio apresenta maior velocidade, 81% declararam que no ar a luz apresenta maior velocidade; 19% responderam incorretamente, pois fizeram os cálculos anteriores errados. No entanto, na questão g apenas 30% da turma entendeu a relação de proporcionalidade entre a velocidade e o comprimento de onda e, portanto, responderam de forma satisfatória.

Na questão 2 é solicitado para indicar os erros apresentados nos desenhos sobre a incidência de um raio luminoso em uma superfície de interface entre dois meios; 69% dos alunos acharam corretamente todos os erros; 31% não conseguiram identificá-los.

#### **Quarta Atividade Investigativa – atividade prático-experimental virtual e físico sobre refração**

A quarta atividade investigativa foi realizada durante duas semanas. Na primeira semana os alunos fizeram o experimento físico sobre refração e na outra semana o experimento virtual com o simulador *PHET*, também sobre refração.

Inicialmente a turma foi dividida em cinco grupos de 5 alunos e cada grupo recebeu um *kit* que consistiu de uma lente semicircular, disco graduado, tabela com seno dos ângulos e um laser, conforme mostra a Figura 27.

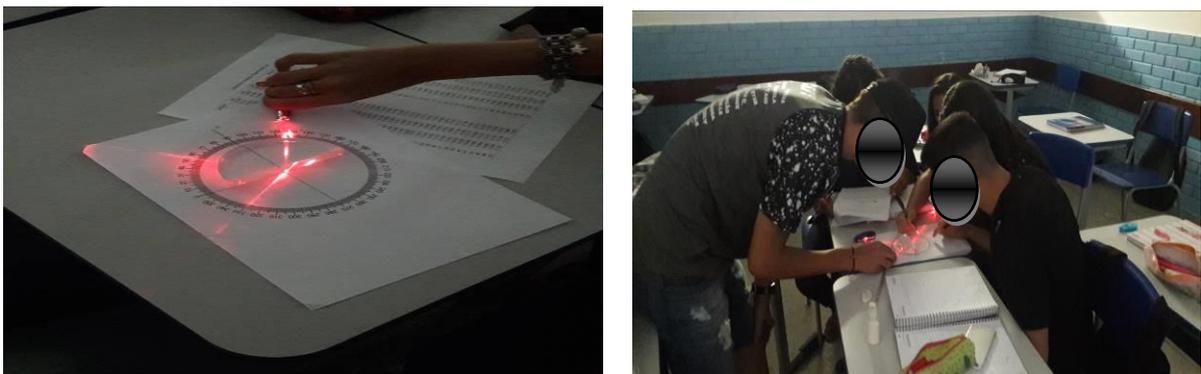
**Figura 27:** Kit da atividade experimental.

Tabela de funções trigonométricas							
ângulo	sen	cos	tan	ângulo	sen	cos	tan
0	0,000	1,000	0,000	45	0,707	0,707	1,000
1	0,017	1,000	0,017	46	0,719	0,695	1,036
2	0,035	0,999	0,035	47	0,731	0,682	1,072
3	0,052	0,999	0,052	48	0,743	0,669	1,111
4	0,070	0,998	0,070	49	0,755	0,656	1,150
5	0,087	0,996	0,087	50	0,766	0,643	1,192
6	0,105	0,995	0,105	51	0,777	0,629	1,235
7	0,122	0,993	0,123	52	0,788	0,616	1,280
8	0,139	0,990	0,141	53	0,799	0,602	1,327
9	0,156	0,988	0,156	54	0,809	0,588	1,375
10	0,174	0,985	0,176	55	0,819	0,574	1,425
11	0,191	0,982	0,194	56	0,829	0,559	1,483
12	0,208	0,978	0,213	57	0,839	0,545	1,540
13	0,225	0,974	0,231	58	0,848	0,530	1,600
14	0,242	0,970	0,249	59	0,857	0,515	1,664
15	0,259	0,966	0,268	60	0,866	0,500	1,732
16	0,276	0,961	0,287	61	0,875	0,485	1,804
17	0,292	0,956	0,306	62	0,883	0,469	1,881
18	0,309	0,951	0,325	63	0,891	0,454	1,963
19	0,326	0,946	0,344	64	0,899	0,438	2,050
20	0,342	0,940	0,364	65	0,907	0,423	2,145
21	0,358	0,934	0,384	66	0,915	0,407	2,246
22	0,375	0,928	0,404	67	0,923	0,391	2,356
23	0,391	0,922	0,424	68	0,931	0,375	2,475
24	0,407	0,916	0,444	69	0,938	0,358	2,605
25	0,423	0,910	0,464	70	0,945	0,342	2,747
26	0,438	0,904	0,484	71	0,952	0,326	2,904
27	0,454	0,898	0,504	72	0,959	0,309	3,078
28	0,469	0,892	0,524	73	0,966	0,293	3,271
29	0,484	0,886	0,544				
30	0,500	0,880	0,564				
31	0,515	0,874	0,584				
32	0,530	0,868	0,604				
33	0,545	0,862	0,624				
34	0,560	0,856	0,644				
35	0,574	0,850	0,664				
36	0,589	0,844	0,684				
37	0,603	0,838	0,704				
38	0,617	0,832	0,724				
39	0,631	0,826	0,744				
40	0,645	0,820	0,764				
41	0,658	0,814	0,784				
42	0,672	0,808	0,804				
43	0,686	0,802	0,824				
44	0,699	0,796	0,844				
45	0,707	0,790	0,864				

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi explicada a atividade experimental para a turma. No início, os alunos tiveram dúvidas quanto colocar a luz no ângulo determinado para o raio incidente e a relação com a reta normal, mas após a explicação, as equipes se saíram bem. Para facilitar a medição dos ângulos, foi fornecido um disco graduado de 360°, pois dessa forma ficou mais fácil medir os três ângulos referentes à incidência, reflexão e refração (Figura 28).

**Figura 28:** Alunos realizando experimento físico da refração.



Fonte: Autoria própria.

Os grupos foram categorizados como G1, G2, G3, G4 e G5. Na questão 1, todas as equipes não conseguiram aferir os ângulos corretamente e, por isso, mediram os ângulos de refração errados, com isso não calcularam corretamente o índice de refração do acrílico. No entanto, na questão 2 todas as equipes conseguiram identificar a relação entre o ângulo de

incidência e o ângulo de reflexão. Na questão seguinte (3), todos visualizaram que o raio de luz se afasta em relação a reta normal, pois passa de um meio mais refringente para menos refringente.

Na questão 4, as equipes declararam que com o ângulo de incidência de  $90^\circ$  não ocorreu refração. Na questão 5, todas as equipes responderam corretamente. Na última questão, foi solicitado que eles explicassem como é formada a luz do laser, as respostas foram as seguintes:

G1: “Por causa da bateria que fornece energia.”

G2: “É formada por um conjunto de baterias.”

G3: “Formadas por partículas de luz concentradas e emitidas em forma de um feixe contínuo.”

G4: “Uma bateria dá uma descarga elétrica em um cristal que reflete essa luz.”

G5: “É formada por fótons (partículas de luz) emitidas em forma de feixe contínuo.”

Na semana seguinte, os alunos foram levados ao laboratório de informática para realização da atividade com o simulador. O laboratório apresenta 18 computadores, no entanto, apenas oito estavam funcionando e com acesso à internet, mas não impossibilitou a realização das atividades.

Inicialmente, o professor dividiu a turma em oito grupos de 3 alunos e colocou cada grupo em um computador. Foi explicado o caminho para chegar ao simulador. Quando todos os alunos conseguiram acessá-lo, foi explanada a atividade e como funcionava a experiência virtual e disponibilizado o roteiro escrito.

Os alunos tiveram dificuldade em visualizar os ângulos, como aconteceu na experiência física, devido à falta de familiaridade com o transferidor e a dificuldade em fazer a medição em relação à reta normal. Mas, após o início ‘confuso’, todas as equipes conseguiram realizar a atividade (Figura 29).

**Figura 29:** Alunos realizando experimento virtual da refração.



Fonte: Autoria própria.

Na primeira questão apenas uma equipe não conseguiu obter o índice de refração do meio. Na questão dois todas as equipes conseguiram responder corretamente calculando o ângulo de refração, no entanto, na questão três, que também pedia o cálculo do ângulo de refração em outra circunstância, apenas três equipes conseguiram aferir e calcular o ângulo de forma correta.

A questão quatro aborda aspectos qualitativos sobre frequência e velocidade: em relação à frequência, todas as equipes responderam corretamente, porém, apenas uma equipe não conseguiu relacionar a velocidade da luz do meio com o seu índice de refração.

Nas duas próximas questões sobre cálculo do índice de refração, cinco e seis, todas as equipes responderam conforme o esperado. Na última questão, sete, sobre reflexão total, apenas uma equipe não identificou o fenômeno e, ao descrever o que ocorreu, registrou:

“A refração aumenta tanto que quase some.”

#### **Quinta Atividade Investigativa – aula expositiva dialogada/questões**

Na terceira atividade investigativa foi realizada uma aula expositiva geral sobre refração da luz, como descrito pelo princípio da diferenciação progressiva. Na quinta atividade, buscou-se a reconciliação integrativa, aprofundando e especificando mais o conteúdo abordando os aspectos de reflexão total da luz, o fenômeno da dispersão, o comportamento dual da luz, o espectro visível da luz e o fenômeno fotoelétrico. Ou seja, nessa aula tentou-se buscar uma ligação entre as explicações da Física Clássica e da Física Moderna sobre os assuntos abordados.

Durante a exposição do conteúdo, os alunos tiveram muita dificuldade em compreender a relação entre a velocidade, o comprimento de onda, a frequência da luz e o espectro eletromagnético. Buscar-se-á uma explicação para isso no próximo capítulo.

Nesta exposição foram destacados alguns dos questionamentos presentes no questionário da primeira atividade investigativa, como o formato do arco-íris, a formação das miragens, o motivo pelo qual o céu é azul e o porquê dele ficar avermelhado ao entardecer.

No decorrer da aula, várias questões surgiram por parte dos alunos, como A3 expôs:

“Sempre pensei que o céu é azul por causa da cor do oceano.”

Ao afirmar que o arco-íris apresenta um formato de círculo, a aluna A18 declara:

“Nossa professor! Nunca imaginei isso, só sabia que o arco-íris tem a ver com as gotas de água, mas isso eu não sabia. Além disso, durante o estágio no quinto ano acabei explicando sobre o porquê o céu é azul quando um aluno me perguntou na aula de ciências.”

O professor então tranquiliza a aluna e pede para ela fazer a explicação correta no próximo dia que estagiar na turma do quinto ano.

Ao falar sobre o efeito fotoelétrico, os alunos ficaram ‘encantados’ como um controle remoto funciona, como afirma A13:

“Eu estudei sobre elétrons em química e nunca pensei que isso tivesse alguma relação com o controle remoto.”

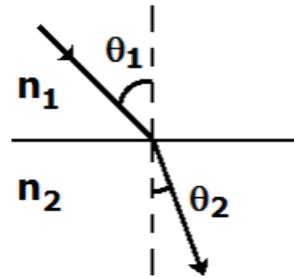
O professor aproveita esse momento e explica:

“Desde o nono ano, estudamos a estrutura do átomo e isso por quê? Toda matéria é formada por átomos e a sua estrutura é que explica as propriedades dos corpos e da luz. Como já foi explanado em uma aula anterior, a luz é decorrente da excitação dos elétrons quando eles retornam de camadas eletrônicas mais externas, dissipando a energia na forma de luz, como ocorre com os fogos de artifício.”

Nos últimos trinta minutos da aula, o professor solicitou que os alunos respondessem quatro questões de vestibulares. Durante a realização da atividade, os discentes tiveram uma grande dificuldade em responder a primeira questão que justamente aborda a relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. As demais responderam com tranquilidade.

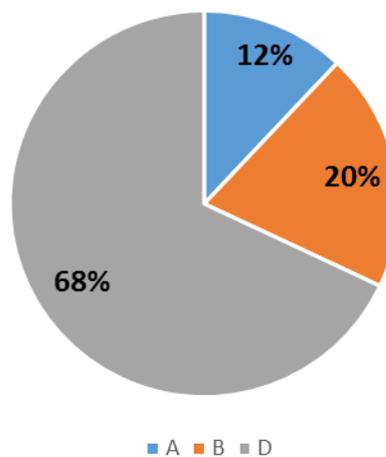
A seguir, são mostradas as questões e as respostas dos alunos demonstradas em gráficos para melhor compreensão:

- QUESTÃO 1:** (UFRGS) Um feixe de luz monocromática atravessa a interface entre dois meios transparentes com índices de refração  $n_1$  e  $n_2$ , respectivamente, conforme representa a figura abaixo. Com base na figura, é correto afirmar que, ao passar do meio com  $n_1$  para o meio com  $n_2$ , a velocidade, a frequência e o comprimento de onda da onda, respectivamente,
- permanece, aumenta e diminui.
  - permanece, diminui e aumenta.
  - aumenta, permanece e aumenta.
  - diminui, permanece e diminui.
  - diminui, diminui e permanece.



Essa questão busca lembrar o conceito de refração e a relação entre o índice de refração da luz com a velocidade, comprimento de onda e frequência da luz, abordados na terceira atividade investigativa. De acordo com o Gráfico 1, 68% dos alunos marcaram a opção correta e 32% erraram, ficando entre a opção A ou B.

**Gráfico 1:** Resultado da questão 1.



Fonte: Autoria própria.

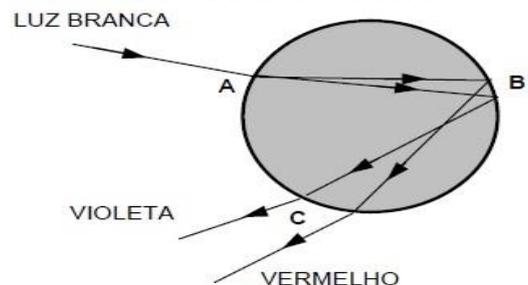
**QUESTÃO 2:** Descartes desenvolveu uma teoria para explicar a formação do arco-íris com base nos conceitos da óptica geométrica. Ele supôs uma gota de água com forma esférica e a incidência de luz branca conforme mostrado de modo simplificado na figura ao lado. O raio incidente sofre refração ao entrar na gota (ponto A) e apresenta uma decomposição de cores. Em seguida, esses raios sofrem reflexão interna dentro da gota (região B) e saem para o ar após passar por uma segunda refração (região C). Posteriormente, com a experiência de Newton com prismas, foi possível explicar corretamente a decomposição das cores da luz branca. A figura não está desenhada em escala e, por simplicidade, estão representados apenas os raios violeta e vermelho, mas deve-se considerar que entre eles estão os raios das outras cores do espectro visível.

Sobre esse assunto, avalie as seguintes afirmativas:

1. O fenômeno da separação de cores quando a luz sofre refração ao passar de um meio para outro é chamado de dispersão.
2. Ao sofrer reflexão interna, cada raio apresenta ângulo de reflexão igual ao seu ângulo de incidência, ambos medidos em relação à reta normal no ponto de incidência.
3. Ao refratar na entrada da gota (ponto A na figura), o violeta apresenta menor desvio, significando que o índice de refração da água para o violeta é menor que para o vermelho.

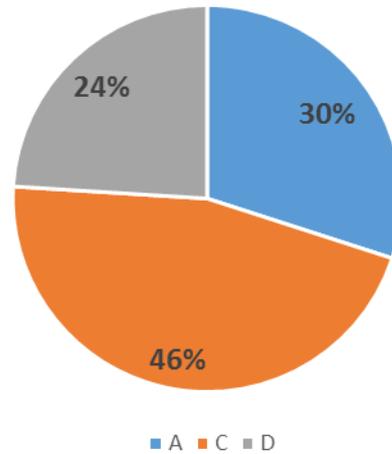
Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.



Nessa questão, abordando o processo de dispersão cromática, a resposta correta é a alternativa C, e conforme mostra o Gráfico 2, as respostas ficaram entre as opções A, C e D, no entanto, 46% dos alunos acertaram a questão.

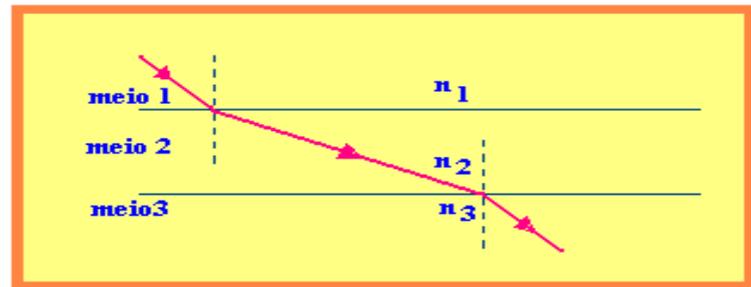
**Gráfico 2:** Resultado da questão 2.



Fonte: Autoria própria.

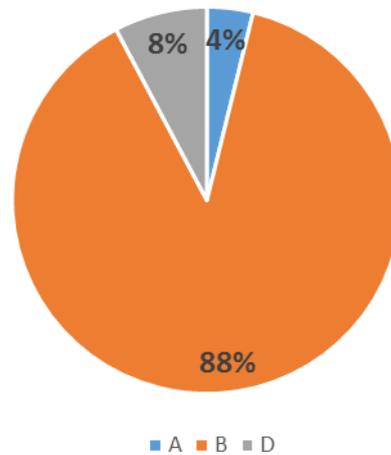
**QUESTÃO 3:** (UFF) Um raio de luz monocromática atravessa três meios ópticos de índices de refração absolutos  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$ , conforme a figura. Sendo paralelas as superfícies de separação do meio 2 com os outros dois meios, é correto afirmar que:

- a)  $n_1 > n_2 > n_3$
- b)  $n_1 > n_3 > n_2$
- c)  $n_2 > n_3 > n_1$
- d)  $n_2 > n_1 > n_3$
- e)  $n_3 > n_1 > n_2$



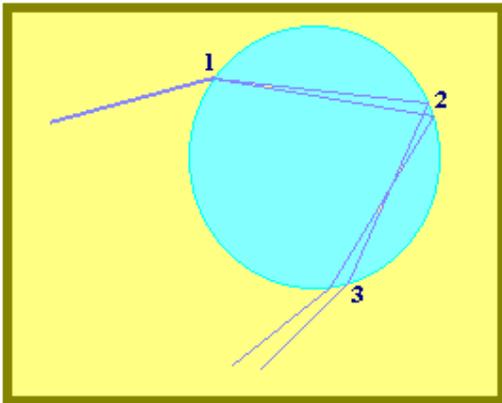
Essa questão busca verificar se os alunos compreenderam a relação do índice de refração do meio com a aproximação ou distanciamento do raio de luz em relação à reta normal, portanto, 88% dos alunos afirmaram que a resposta correta é a alternativa B, ou seja, acertaram a questão e apenas 12% dos alunos indicaram outra resposta.

**Gráfico 3:** Resultado da questão 3.



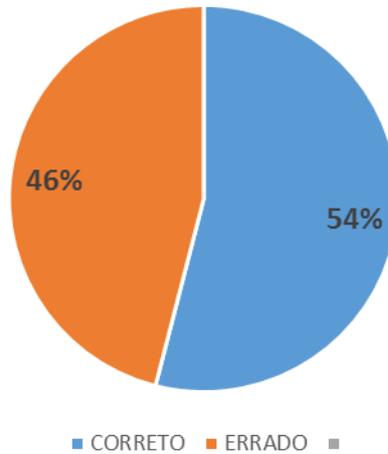
Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 4:** (VUNESP) A figura representa, esquematicamente, a trajetória de um feixe de luz branca atravessando uma gota de água. É dessa forma que se origina o arco-íris.



a) Que fenômenos ópticos ocorrem nos pontos 1, 2 e 3?

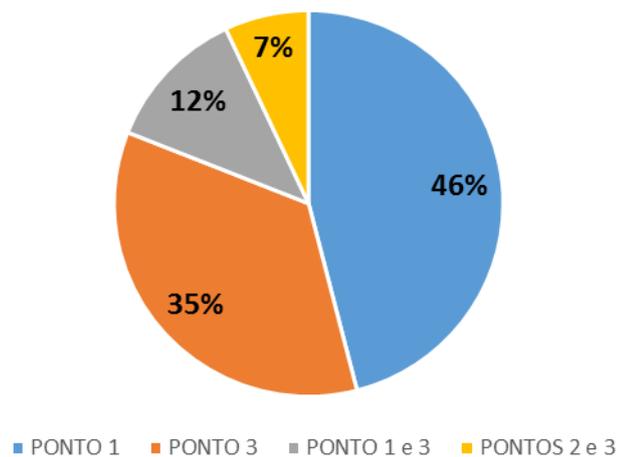
A resposta correta dessa questão é que os pontos 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, a dispersão, reflexão e refração da luz branca. O Gráfico 4 mostra a porcentagem de alunos que responderam corretamente e os que não acertaram, que correspondem a 46% dos alunos, pois afirmaram que o ponto 1 corresponde à refração e o ponto 3 à dispersão da luz.

**Gráfico 4:** Resultado da questão 4, letra A.

Fonte: Autoria própria.

*b) Em que ponto, ou pontos, a luz branca se decompõe, e por que isso ocorre?*

Nessa pergunta, conforme mostra o Gráfico 5, 46% dos alunos acertaram, afirmando que o ponto 1 mostra o processo de dispersão da luz. Mas, alguns alunos acreditaram que esse processo acontece em mais de um ponto, como 12% responderam que seria nos pontos 1 e 3 e 7%, nos pontos 2 e 3.

**Gráfico 5:** Resultado da questão 4, letra B.

Fonte: Autoria própria.

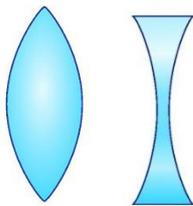
### Sexta Atividade Investigativa – aula expositiva dialogada sobre lentes

Nesse momento inicia-se o estudo das lentes conectada a óptica da visão, sempre buscando a reconciliação integrativa com os assuntos abordados nas atividades investigativas anteriores.

Nessa aula dialogada foi exposta a definição de lentes, os seus componentes, os tipos de lentes, o comportamento convergente e divergente, o olho humano e a relação entre as cores e o olho.

Ao final, os alunos responderam sete questões que abordam o assunto trabalhado na aula.

**QUESTÃO 1:** Na figura, as lentes são de vidro especial cujo índice de refração absoluto é de 2.

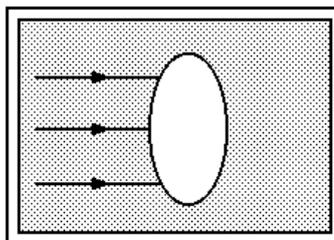


- Qual o comportamento de cada lente ao ser colocado no vácuo?
- Indique o comportamento de cada uma ao ser colocada num líquido de índice de refração absoluto de 2,2?

Nessa questão, todos os alunos conseguiram descrever corretamente o comportamento de cada uma dessas lentes (convergente ou divergente) em meios diferentes, ou seja, com índices de refração distintos (letra a e b).

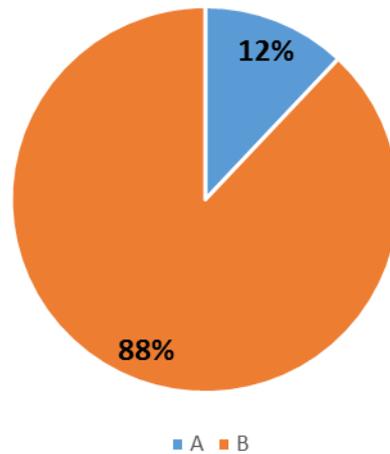
**QUESTÃO 2:** (Unaerp) Uma bolha de ar imersa em vidro apresenta o formato da figura. Quando três raios de luz, paralelos a atingem, observa-se que seu comportamento óptico é de uma:

- lente convergente.
- lente divergente.
- lâmina de faces paralelas.
- espelho plano.
- espelho convexo.



O Gráfico 6 mostra que 88% dos alunos indicaram que a bolha de ar imersa em vidro apresenta o comportamento de uma lente divergente, ou seja, responderam corretamente e 12% afirmaram que a bolha faria com que os três raios de luz convergirem.

Gráfico 6: Resultado da questão 2.



Fonte: Autoria própria.

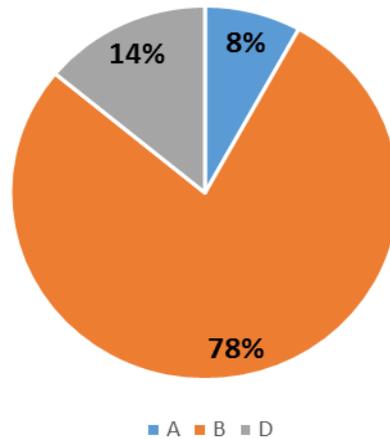
**QUESTÃO 3:** (PUC-MG) A lente da historinha do Bidu pode ser representada por quais das lentes cujos perfis são mostrados a seguir?



a) 1 ou 3    b) 2 ou 4    c) 1 ou 2    d) 3 ou 4    e) 2 ou 3

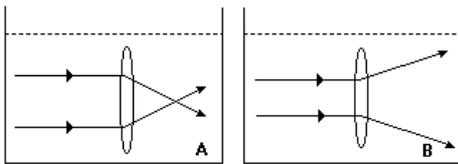
Nessa questão, 78% dos alunos indicaram que as lentes 2 ou 4 apresentam o comportamento relatado na historinha do Bidu, personagem da Turma da Mônica (criado por Maurício de Souza), obtendo a resposta correta e 22% erraram ficando entre as opções A (lentes 1 ou 3) e a opção D (lentes 3 ou 4).

Gráfico 7: Resultado da questão 3.



Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 4:** (Cesgranrio) Uma lente biconvexa é imersa dois líquidos A e B, comportando-se, ora como lente convergente, ora como lente divergente, conforme indicam as figuras a seguir.

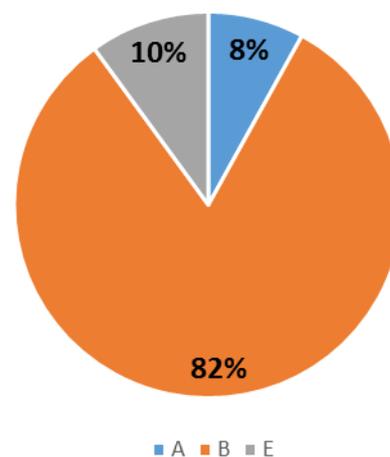


Seja  $n_A$ ,  $n_B$  e  $n_C$ , os índices de refração do líquido A, do líquido B e da lente, respectivamente, então é correto afirmar que:

- a)  $n_A < n_B < n_C$     b)  $n_A < n_C < n_B$     c)  $n_B < n_A < n_C$     d)  $n_B < n_C < n_A$     e)  $n_C < n_B < n_A$

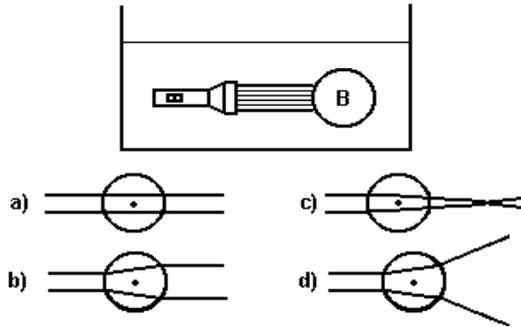
Nessa questão a grande maioria dos alunos responderam corretamente, mais especificamente 82% dos discentes, indicado no Gráfico 8 e 18% ficaram entre as alternativas A ou E.

Gráfico 8: Resultado da questão 4.



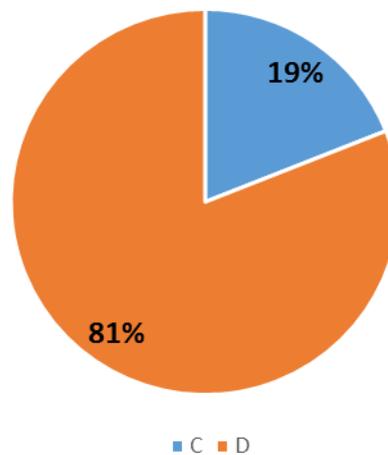
Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 5:** (UERJ) No interior de um tanque de água, uma bolha de ar (B) é iluminada por uma lanterna também imersa na água, conforme mostra a figura seguir. A trajetória de dois raios luminosos paralelos que incidem na bolha, está melhor ilustrada em:



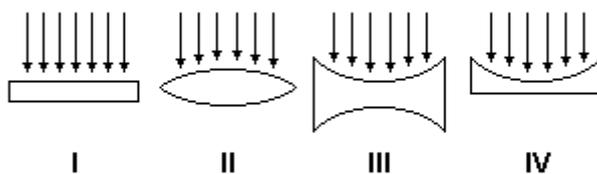
A questão 5 do vestibular da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) apresenta o mesmo estilo das questões anteriores, buscando relacionar o comportamento da lente no meio e, com isso, 81% da turma marcou a opção D, alternativa correta e o restante indicou que a bolha de ar apresentava um comportamento convergente (Gráfico 9).

**Gráfico 9:** Resultado da questão 5.



Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 6:** (UERJ) As figuras abaixo representam raios solares incidentes sobre quatro lentes distintas.

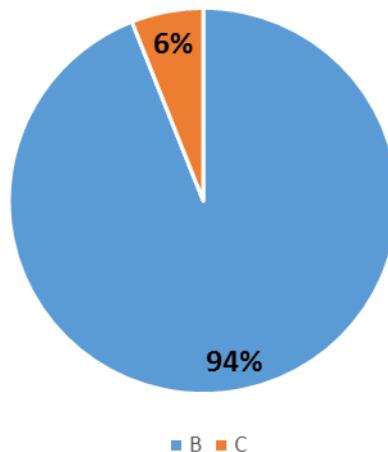


*Deseja-se incendiar um pedaço de papel, concentrando a luz do sol sobre ele. A lente que seria mais efetiva para essa finalidade é a de número:*

- a) I      b) II      c) III      d) IV

A questão 6, também do vestibular da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), apresentou uma frequência maior de acertos com um percentual de 94% de sucesso e apenas 6% indicaram que a resposta seria a alternativa C, como retrata o Gráfico 10.

**Gráfico 10:** Resultado da questão 6.

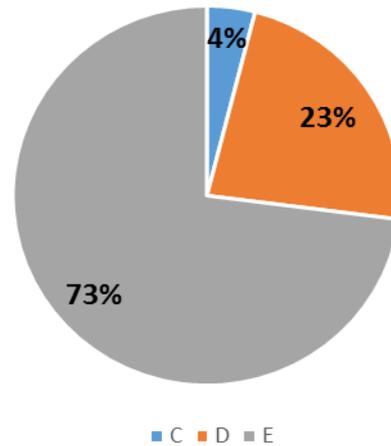


Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 7:** (UFRRJ) *É sabido que lentes descartáveis ou lentes usadas nos óculos tradicionais servem para corrigir dificuldades na formação de imagens no globo ocular e que desviam a trajetória inicial do feixe de luz incidente na direção da retina. Sendo assim, o fenômeno físico que está envolvido quando a luz atravessa as lentes é a*

- a) *reflexão especular.*  
 b) *difração luminosa.*  
 c) *dispersão.*  
 d) *refração luminosa.*

Na última questão dessa atividade investigativa, as respostas ficaram entre as opções B, C e D. O Gráfico 11 indica que 73% acertaram a questão afirmando que o fenômeno físico envolvido quando a luz atravessa a lente é a refração luminosa, 23% afirmaram que o nome do fenômeno é a dispersão e o restante, 4%, de difração luminosa.

**Gráfico 11:** Resultado da questão 7.

Fonte: Autoria própria.

### Sétima Atividade Investigativa – atividade prático-experimental sobre lentes

Para abordar o processo de formação de imagens em lentes foram utilizadas uma lente convergente de distância focal de 100 milímetros e uma vela, dessa forma foi possível verificar as diferentes imagens formadas de acordo com a posição da vela em relação à lente.

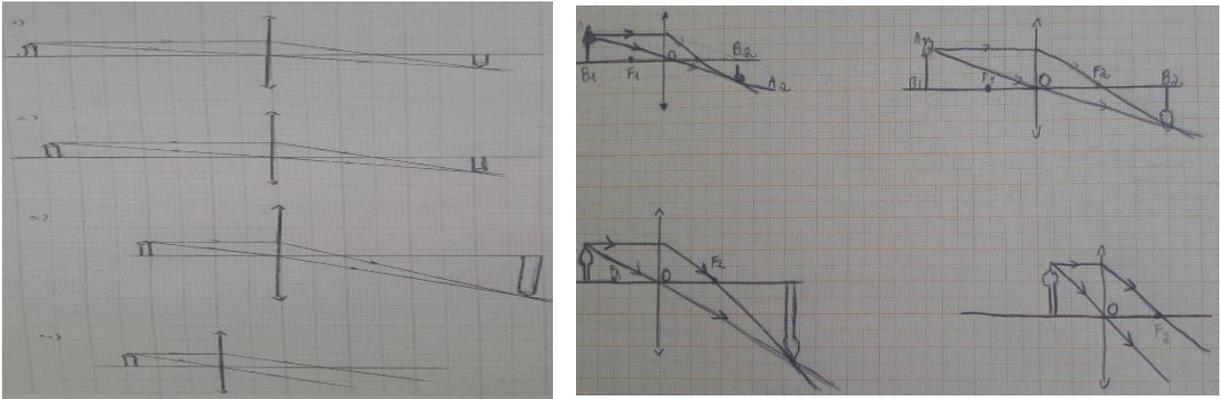
No início da aula o professor explicou a atividade que seria realizada e solicitou que os alunos sentassem em círculo. No centro do círculo foi colocada a mesa do professor que serviu de suporte para a realização do experimento. Foi entregue o roteiro do experimento e iniciou-se a atividade. Primeiramente, houve a revisão dos conceitos abordados na atividade na aula anterior, como os elementos de uma lente e os tipos de lentes e explanou quais os objetivos do experimento que seria realizado. Os alunos ficaram atentos e ‘fascinados’ quando visualizaram a imagem da vela invertida (Figura 30).

**Figura 30:** Alunos realizando experimento sobre formação de imagens com lente.

Fonte: Autoria própria.

Após o experimento, os alunos responderam cinco questões para verificar a compreensão do fenômeno físico descrito na atividade, dentre essas questões, reproduzir no papel milimetrado os desenhos correspondentes às imagens que foram observadas. A Figura 31 destaca os desenhos elaborados por dois alunos:

**Figura 31:** Atividade realizada por dois alunos.



Fonte: Autoria própria.

### Oitava Atividade Investigativa – aula dialogada sobre lentes

Continuando o estudo das lentes, essa atividade consistiu de uma aula dialogada sobre o estudo analítico das lentes e realização de atividades. Houve uma aula expositiva sobre a equação das lentes e a convenção de sinais, além disso, também foram abordados os principais distúrbios visuais e sua correção, o que interessou muito os alunos, pois na turma há sete alunos que utilizam óculos para corrigir a miopia ou o astigmatismo. Durante a aula foi perceptível a dificuldade em compreender a análise de sinais na equação de Gauss e esse ‘bloqueio’ foi notado nas atividades que eles realizaram após a exposição do conteúdo, pois ao resolverem as questões, não realizaram a análise do sinal. A Figura 32 mostra os alunos resolvendo os exercícios da oitava atividade investigativa.

**Figura 32:** Alunos realizando a oitava atividade investigativa.



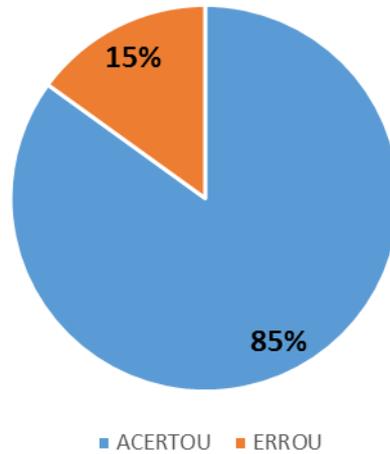
Fonte: Autoria própria.

A seguir, é realizada a análise das respostas dos alunos às atividades.

**QUESTÃO 1:** (UNESP) *Dispõe-se de uma tela, de um objeto e de uma lente convergente com distância focal de 12 cm. Pretende-se, com auxílio da lente, obter na tela uma imagem desse objeto cujo tamanho seja 4 vezes maior que o do objeto.*

- a) *A que distância da lente deverá ficar da tela?*
- b) *A que distância da lente deverá ficar do objeto?*

Como as duas perguntas da questão 1 são dependentes, foi feito apenas uma análise, representada no Gráfico 12, que mostrou um percentual de acerto de 85%, enquanto apenas 15 % erraram. É importante mencionar que, inicialmente, os alunos tiveram dificuldade em resolver, pois não conseguiam ‘introduzir’ na fórmula a sentença “imagem desse objeto cujo tamanho seja 4 vezes maior que o do objeto”. Após uma explicação, a turma conseguiu compreender e iniciaram a resolução da questão.

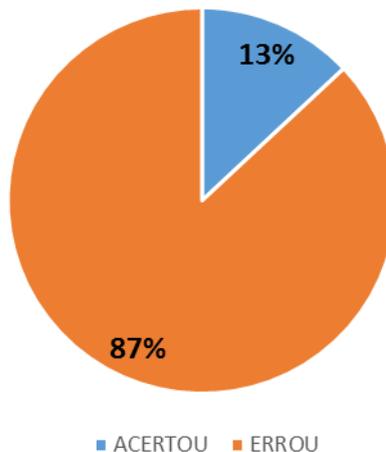
**Gráfico 12:** Resultado da questão 1.

Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 2:** (UNESP) Uma pessoa, com certa deficiência visual, utiliza óculos com lentes convergentes. Colocando-se um objeto de 0,6 cm de altura a 25,0 cm da lente, é obtida uma imagem a 100 cm da lente. Considerando que a imagem e o objeto estão localizados do mesmo lado da lente, calcule:

a) a convergência da lente, em dioptrias.

Nessa questão é solicitado o cálculo da dioptria, abordado na sexta atividade investigativa, no entanto, é necessário o cálculo da distância focal. Como a imagem é virtual, a distância da imagem é negativa, sendo que 87% da turma esqueceram desse detalhe, errando a questão (Gráfico 13).

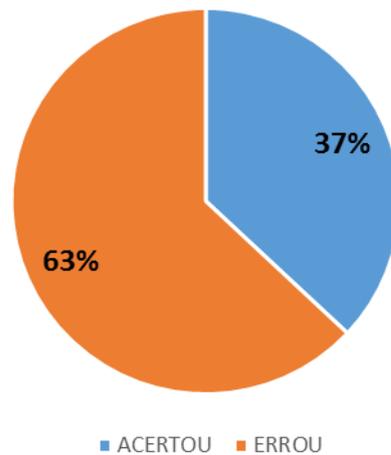
**Gráfico 13:** Resultado da questão 2, letra A.

Fonte: Autoria própria.

*b) a altura da imagem do objeto, formada pela lente.*

Na questão b, também era necessário considerar o sinal, devido à imagem ser virtual, porém a frequência de acerto foi maior, como mostra o Gráfico 14.

**Gráfico 14:** Resultado da questão 2, letra B.

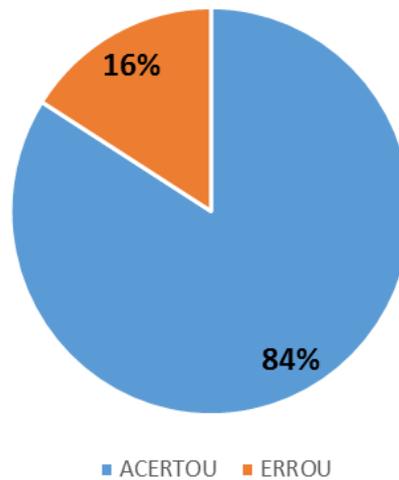


Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 3:** (UNESP) *Uma lupa utilizada para leitura é confeccionada com uma lente delgada convergente, caracterizada por uma distância focal  $f$ . Um objeto é colocado a uma distância  $0,8 f$ , medida a partir da lente. Se uma letra de um texto tem altura  $1,6 \text{ mm}$ , determine o tamanho da letra observado pelo leitor.*

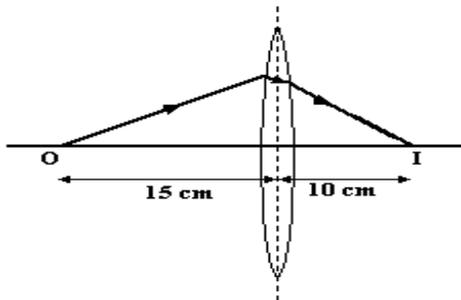
O Gráfico 15 indica que apenas 16% erraram essa questão, pois colocaram a distância do objeto como  $0,8 \text{ mm}$  e não  $0,8$  vezes a distância focal ( $f$ ), como mostra o enunciado.

Gráfico 15: Resultado da questão 3.



Fonte: Autoria própria.

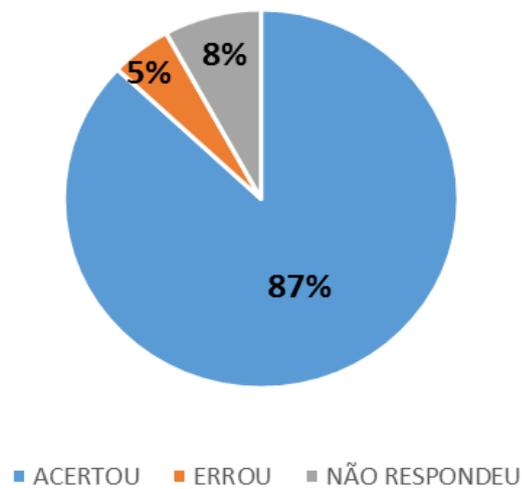
**QUESTÃO 4:** (UNESP) Na figura, estão representados, esquematicamente, o perfil de uma lente esférica delgada, de vidro, imersa no ar, e a trajetória de um raio de luz que parte de um ponto *O* do eixo principal, atravessa a lente e passa novamente pelo eixo principal no ponto *I*.



a) A lente da figura é convergente ou divergente? Justifique sua resposta.

Nesta questão alguns alunos não responderam, como mostra o Gráfico 16, provavelmente porque não saberiam justificar sua resposta e apenas 5% não responderam corretamente.

**Gráfico 16:** Resultado da questão 4, letra A.

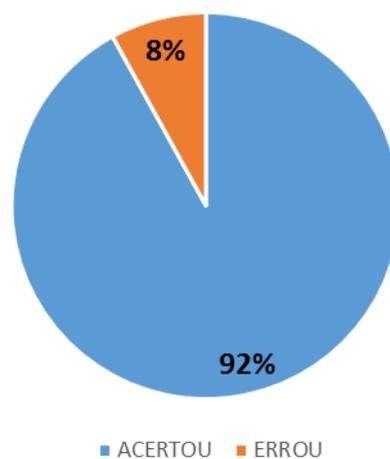


Fonte: Autoria própria.

*b) Admitindo-se válidas as condições de estigmatismo de Gauss, calcule a distância focal dessa lente.*

Já na letra b, a porcentagem de acerto foi maior, 92%, pois só bastava substituir os valores na fórmula. O Gráfico 17 destaca os resultados para esta questão.

**Gráfico 17:** Resultado da questão 4, letra B.

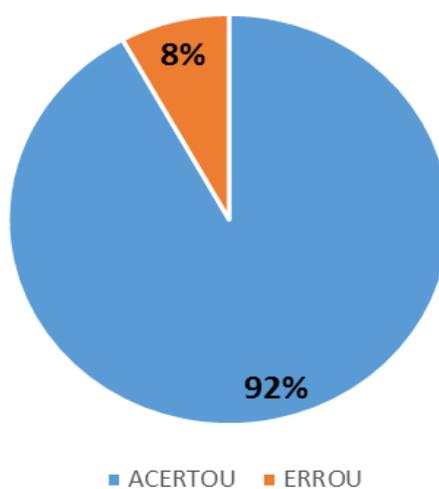


Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 5:** *Suponhamos que um objeto é colocado a 60 cm de uma lente esférica do tipo convergente. Tal lente possui distância focal igual a 20 cm. Calcule a distância da imagem à lente.*

A última questão da lista de exercícios foi realizada pelos alunos com muita tranquilidade, comprovado pela porcentagem de acerto de 92%. Apenas 5% dos alunos erraram devido ao cálculo matemático, no entanto, substituíram na fórmula de forma correta (Gráfico 18).

**Gráfico 18:** Resultado da questão 5.



Fonte: Autoria própria.

### **Nona Atividade Investigativa – seminários sobre instrumentos óticos**

Na primeira semana da aplicação da atividade investigativa, a turma foi dividida em dois grupos para apresentação de um seminário sobre instrumentos óticos e deveriam construir, cada equipe, um instrumento com materiais de baixo custo. Após um sorteio, houve a definição para o microscópio e para a luneta. O professor entregou um roteiro e agendou a data para apresentação do trabalho.

Nessa atividade, as equipes explicaram o que são instrumentos óticos, indicaram exemplos, colocaram em destaque a Física das lentes presente no funcionamento dessas lentes e a aplicabilidade de cada instrumento.

A Figura 33 destaca a apresentação do seminário.

**Figura 33:** Apresentação do seminário.



Fonte: Autoria própria.

Um dos instrumentos construído foi o microscópio (Figura 34). Para mostrar o seu funcionamento a equipe pegou no laboratório de ciências algumas lâminas biológicas para ampliar sua imagem com o instrumento produzido por eles.

**Figura 34:** Microscópio construído pelos alunos.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 35-a mostra uma imagem ampliada da medula óssea, a b destaca um neurônio, célula do sistema nervoso, a Figura c o sangue e a Figura d indica o fragmento de um nervo.

**Figura 35:** Imagens de material biológico ampliada pelo microscópio.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autoria própria.

A segunda equipe, após a apresentação do seminário, apresentou a luneta, construída pela própria equipe, utilizando uma lente de um *mouse* de computador e uma lente ocular comprada na ótica comercial, valor aproximado de R\$15,00, conseguiram mostrar o funcionamento desse instrumento óptico. A Figura 36 ilustra a luneta.

**Figura 36:** Luneta construída pelos alunos.



Fonte: Autoria própria.

#### **Décima Atividade Investigativa – avaliação/mapa conceitual/questões**

A décima atividade investigativa, etapa avaliativa, consistiu de duas atividades com o objetivo de coletar indícios mais explícitos de aprendizagem. Essa etapa foi aplicada em quatro aulas, duas aulas por semana.

A primeira atividade foi a elaboração de um mapa conceitual com todos os conceitos abordados na sequência didática. No início da aula o professor explicou como é um mapa conceitual e deixou um como exemplo no quadro (é importante frisar que o mapa-exemplo envolvia outro assunto da Física, no caso, leis de Newton). Essa explanação demorou aproximadamente quinze minutos e, em seguida, o professor solicitou que cada aluno elaborasse o seu mapa conceitual envolvendo os conceitos abordados nas aulas. Como era a primeira vez que os alunos estavam tendo contato com esse recurso, o professor deixou que consultassem o material das aulas, não sendo permitido outras formas de consulta, como o celular.

Durante a atividade o professor tentou interferir o mínimo possível, apesar das dificuldades dos discentes em organizar o mapa conceitual, no entanto, todos conseguiram realizar a atividade proposta, apesar de alguns mapas não apresentarem as características típicas, como a estrutura hierárquica ou a ligação cruzada entre os conceitos.

A Figura 37 mostra os alunos realizando a atividade avaliativa em sala de aula.

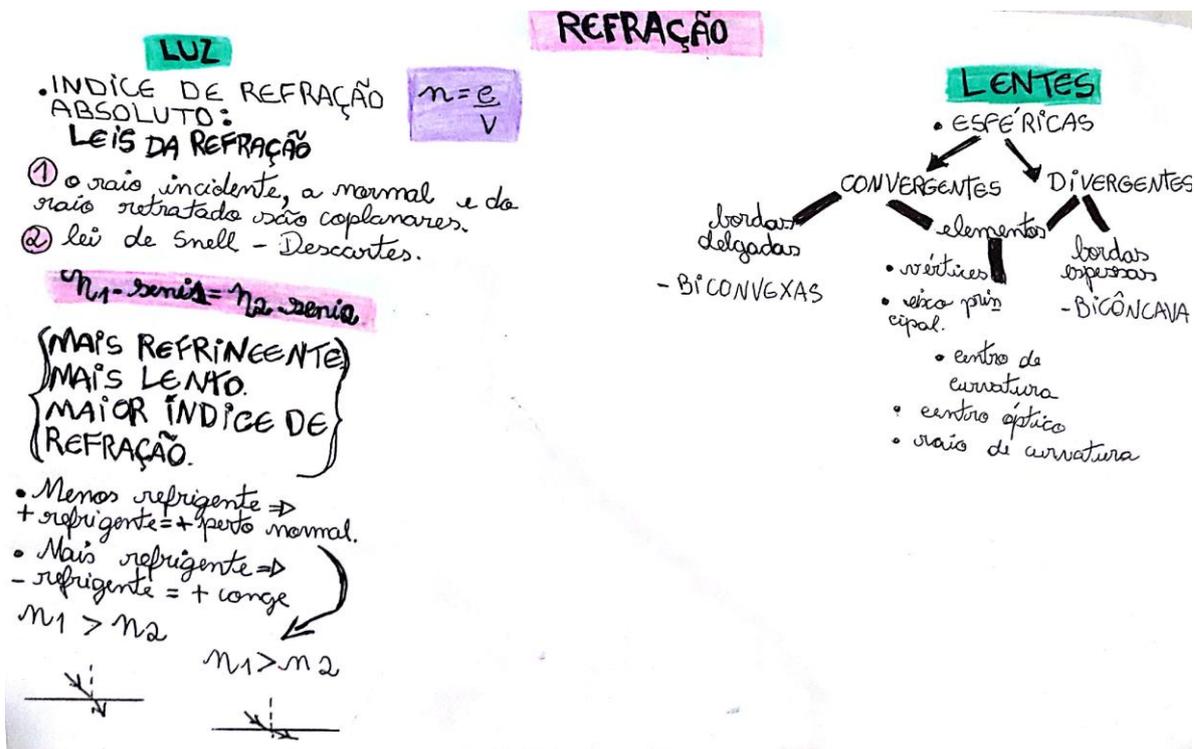
**Figura 37:** Turma realizando o mapa conceitual



Fonte: Autoria própria.

A seguir, alguns dos mapas conceituais elaborados pelos alunos (Figuras 38, 39, 40, 41 e 42).

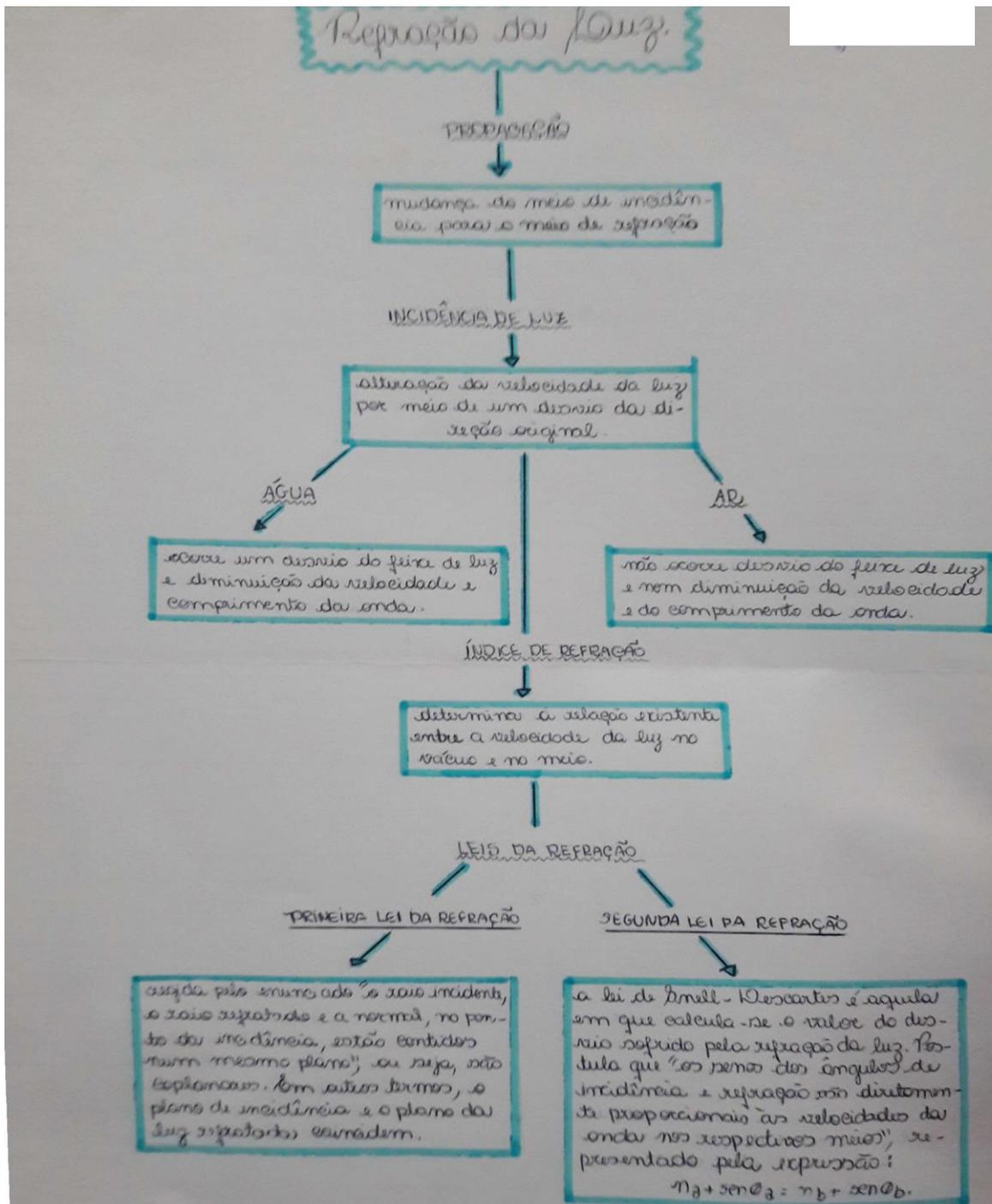
**Figura 38:** Mapa conceitual elaborado pela aluna A7.



Fonte: Autoria própria.

A aluna A7 não conseguiu elaborar um mapa conceitual com uma estrutura adequada, ela utilizou os conceitos mais importantes trabalhados nas aulas e construiu um mapa mental (mais intuitivo e menos elaborado do que um mapa conceitual), pois os conceitos não estão conectados e não há uma hierarquia entre eles.

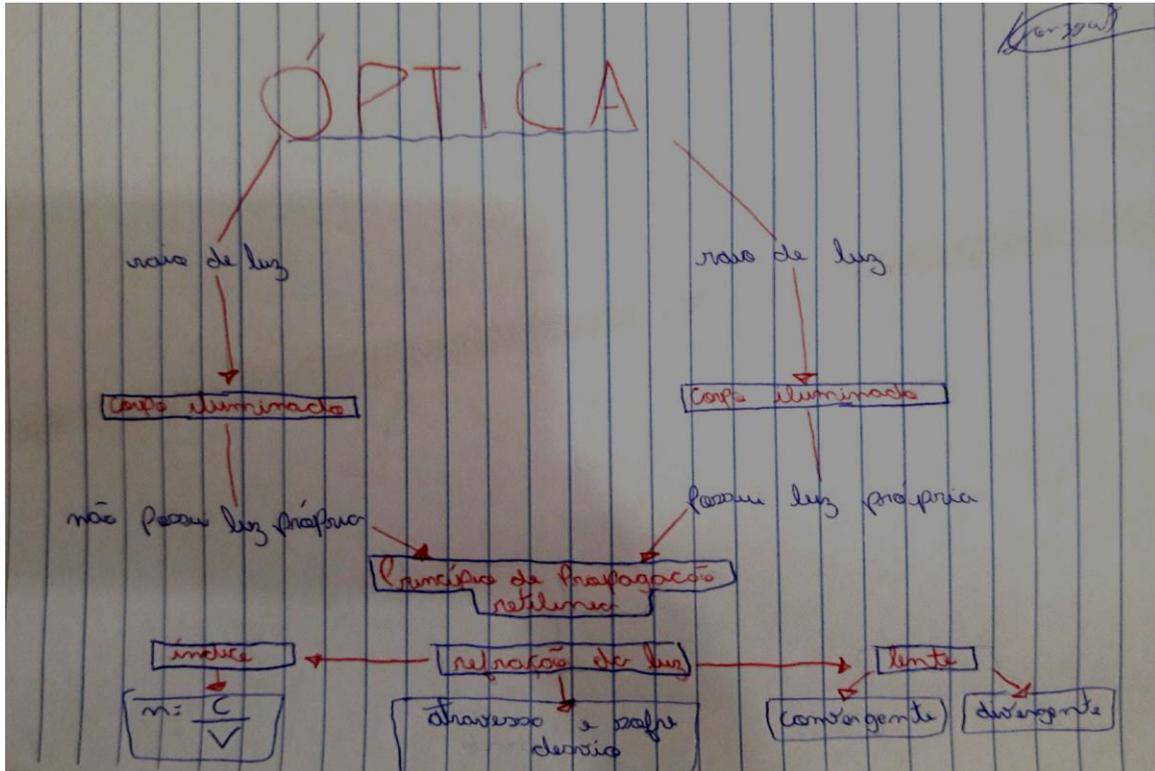
**Figura 39:** Mapa conceitual elaborado pelo aluno A25.



Fonte: Autoria própria.

O aluno A25 conseguiu estabelecer uma estrutura mais hierárquica, porém, no lugar dos conceitos rescreveu as leis e os princípios bordados, além disso, não abordou todos os conceitos estudados.

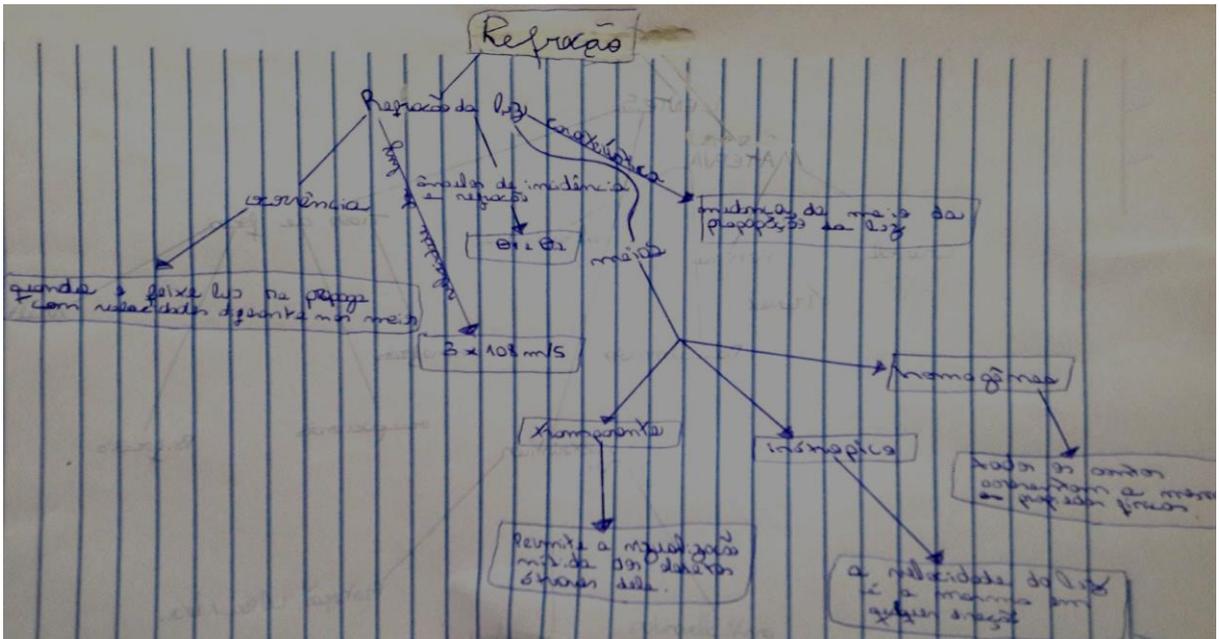
**Figura 40:** Mapa conceitual elaborado pelo aluno A4.



Fonte: Autoria própria.

O aluno A4 descreveu, no seu mapa, alguns conceitos abordados no início do ano letivo quando foi trabalhado os conceitos iniciais de óptica geométrica: corpo luminoso e iluminado e o princípio de propagação retilínea da luz.

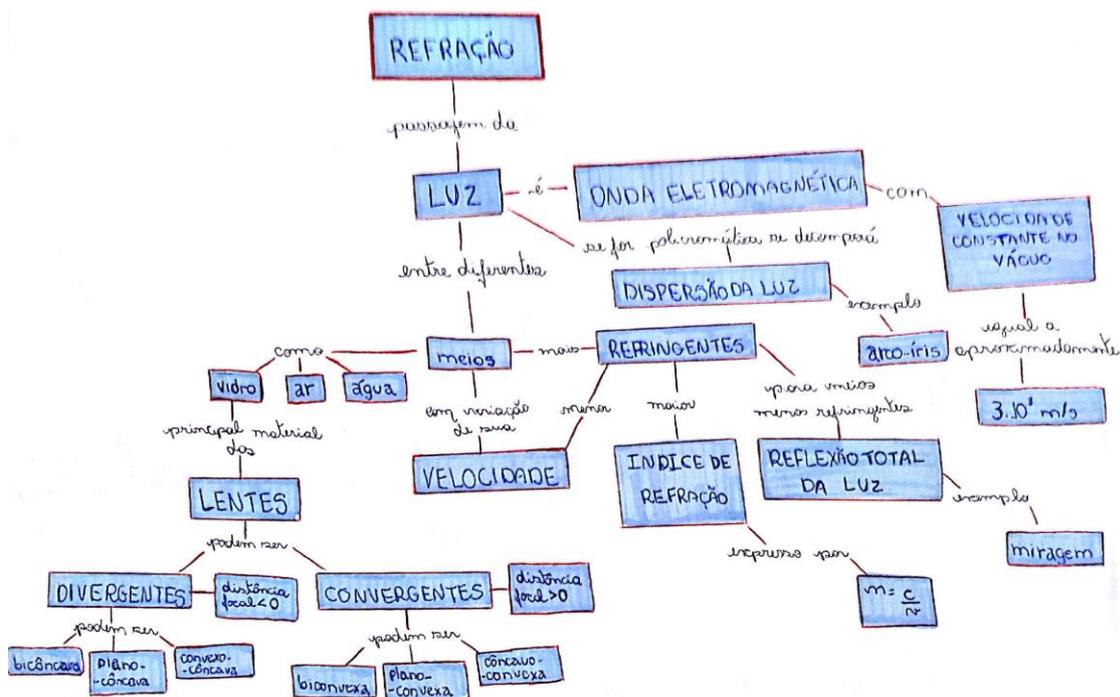
Figura 41: Mapa conceitual elaborado pelo aluno A21.



Fonte: Autoria própria.

O aluno A21, como o aluno A4, mostrou os princípios trabalhados antes do produto educacional, porém inseriu mais conceitos, comparado ao mapa conceitual anterior.

Figura 42: Mapa conceitual elaborado pela aluna A2.



Fonte: Autoria própria.

A aluna A2 conseguiu abordar diversos conceitos discutidos nas aulas e estabelecendo conexões entre eles, como mostrou a Figura 42.

No final da aula, o professor informou à classe que na próxima semana haveria uma avaliação sem consulta e, portanto, necessário estudar os conteúdos trabalhados nas aulas durante o bimestre.

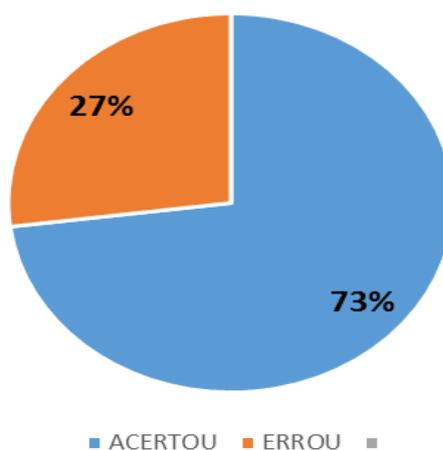
Na semana seguinte, pediu que a turma arrumasse a sala para avaliação e esclareceu algumas dúvidas pontuais que alguns alunos tiveram ao estudar a matéria em casa e, em seguida, iniciou a avaliação escrita individual.

A seguir, a descrições das questões presentes na avaliação final e o percentual de acertos e erros de cada pergunta.

**QUESTÃO 1:** (FMU-SP) *O índice de refração de um meio é a razão da velocidade da luz no vácuo em relação a velocidade da luz naquele meio. Um raio de luz passa no vácuo, onde sua velocidade é  $3 \cdot 10^8$  m/s, para um líquido, onde a velocidade passa a ser  $2,4 \cdot 10^8$  m/s, qual será o índice de refração do líquido?*

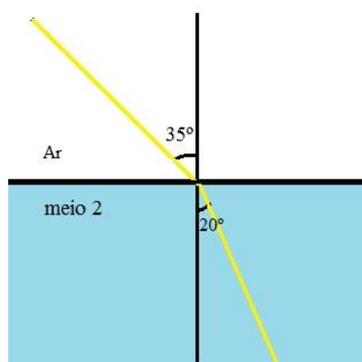
Nessa questão, como mostra o Gráfico 19, 27% da classe erraram a questão, pois cometeram algum equívoco no cálculo matemático, muitos repetiram a potência, indicando que o índice de refração fosse  $1,25 \cdot 10^8$ .

**Gráfico 19:** Resultado da questão 1.



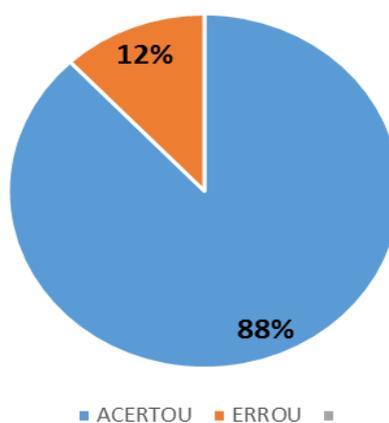
Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 2:** 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:  $\text{sen}35^\circ = 0,57$  e  $\text{sen}20^\circ = 0,34$ .



Os alunos não tiveram dificuldades nessa questão, porém, alguns substituíram os valores dos senos dos ângulos no lugar inadequado, errando a questão. O Gráfico 20 mostra que 88% acertaram a questão.

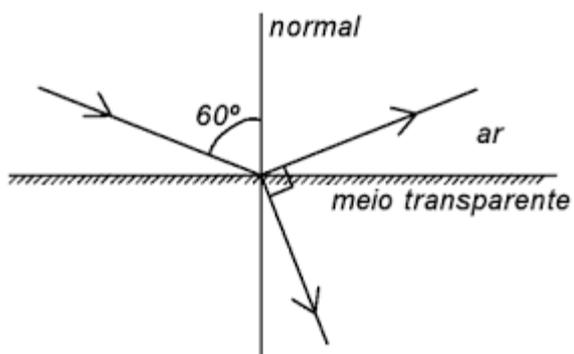
**Gráfico 20:** Resultado da questão 2.



Fonte: Autoria própria.

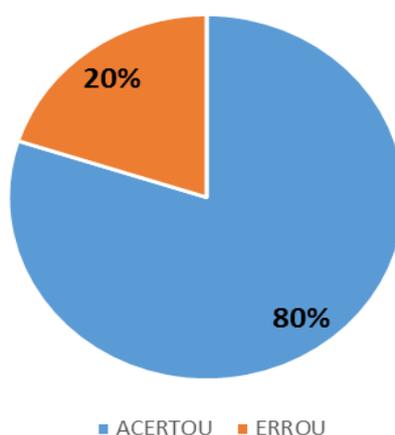
**QUESTÃO 3:** (UFRJ) Um raio luminoso que se propaga no ar ( $n_{ar} = 1$ ) incide obliquamente sobre um meio transparente de índice de refração  $n$ , fazendo um ângulo de  $60^\circ$  com a normal. Nessa situação, verifica-se que o raio refletido é perpendicular ao raio refratado, como ilustra a figura. Calcule o índice de refração  $n$  do meio.

Dados:  $\text{sen}60^\circ = 0,87$ ,  $\text{sen}30^\circ = 0,5$  e  $\text{sen}90^\circ = 1$ .



Na questão 3, no entanto, tiveram um pouco mais de dificuldade para interpretar, porém, 80% dos alunos conseguiram responder corretamente, como indica o Gráfico 21.

**Gráfico 21:** Resultado da questão 3.

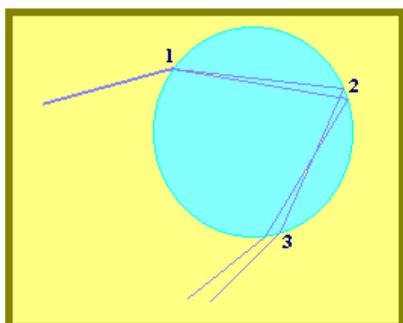


Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 4:** (VUNESP) A figura representa, esquematicamente, a trajetória de um feixe de luz branca atravessando uma gota de água. É dessa forma que se origina o arco-íris.

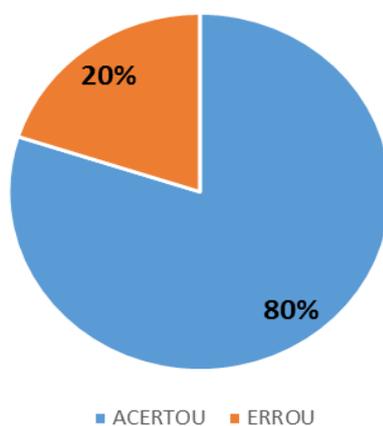
a) Que fenômenos ópticos ocorrem nos pontos 1, 2 e 3?

b) Em que ponto, ou pontos, a luz branca se decompõe, e por que isso ocorre?



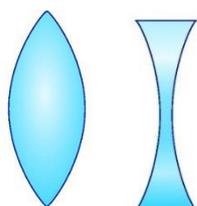
Na questão 4, 20 alunos responderam corretamente (80%), porém, alguns indicaram que a dispersão ocorre no ponto 3. Sendo que a dispersão é indicada no ponto 1 e o ponto 3 indica o fenômeno da refração (Gráfico 22).

**Gráfico 22:** Resultado da questão 4.



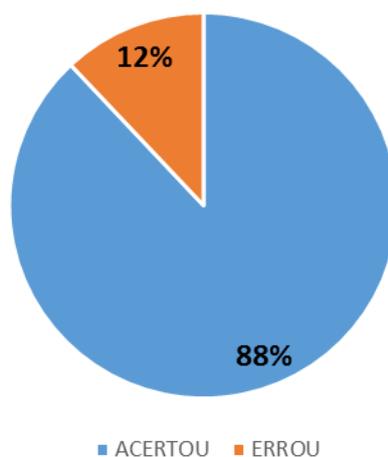
Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 5:** Na figura, as lentes são de vidro especial cujo índice de refração absoluto é de 2.



- Qual o comportamento de cada lente ao ser colocado no vácuo?
- Indique o comportamento de cada uma ao ser colocada num líquido de índice de refração absoluto de 2,2.

Nessa questão, como mostra o Gráfico 23, apenas 12 % dos alunos erraram a questão. Grande parte da turma não teve dificuldades e responder de forma tranquila e concisa.

**Gráfico 23:** Resultado da questão 5.

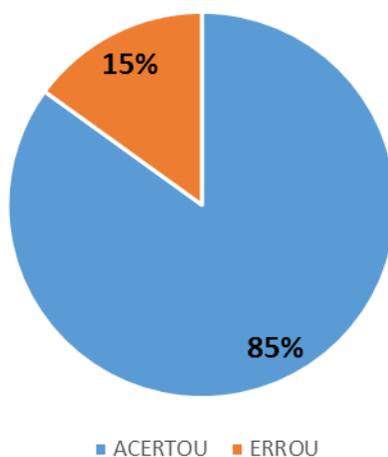
Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 6:** (UNESP) *Dispõe-se de uma tela, de um objeto e de uma lente convergente com distância focal de 12 cm. Pretende-se, com auxílio da lente, obter na tela uma imagem desse objeto cujo tamanho seja 4 vezes maior que o do objeto.*

a) *A que distância da lente deverá ficar da tela?*

b) *A que distância da lente deverá ficar do objeto?*

Apesar dos alunos já terem realizado a questão cinco na oitava atividade investigativa, 15 % erraram (Gráfico 24), principalmente ao realizar a conta que envolve uma equação com frações e, portanto, necessita fazer o mínimo múltiplo comum (mmc).

**Gráfico 24:** Resultado da questão 6.

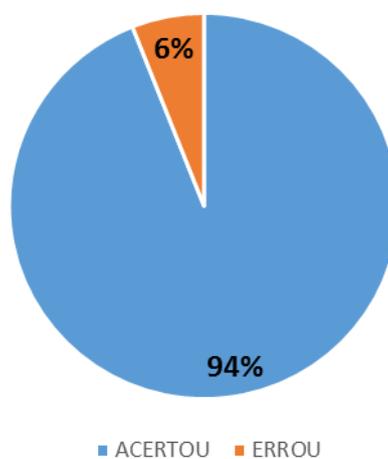
Fonte: Autoria própria.

**QUESTÃO 7:** (UERJ-RJ) Um estudante possui uma lente convergente de 20 cm de distância focal e quer queimar uma folha de papel usando essa lente e a luz do sol. Para conseguir seu intento de modo mais rápido, qual deve ser a distância da folha em relação à lente?



Na última questão avaliativa, o professor identificou que os discentes responderam tranquilamente o que é comprovado no Gráfico 25, que afirma que 94% deles responderam corretamente.

**Gráfico 25:** Resultado da questão 7.



Fonte: Autoria própria.

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo é realizada a análise dos dados obtidos, em consonância com o referencial teórico estruturante desta pesquisa.

### 6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A aplicação do produto educacional proposto nesta pesquisa ocorreu em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio do Curso Normal (CN), que tem como objetivo formar professores para atuarem na Educação Infantil e no primeiro segmento do Ensino Fundamental.

Inicialmente, a turma em que se desenvolveu a pesquisa apresentou ‘estranheza’ e preocupação quando o professor/pesquisador explicou a proposta, principalmente ao responder o questionário inicial, pois muitos argumentavam que não haviam estudado o assunto e, portanto, não sabiam responder as perguntas. Porém, de uma forma geral, o produto pedagógico foi bem aceito pela maioria dos alunos do ponto de vista atitudinal e quanto à percepção de aprendizagem. Durante as atividades propostas houve uma participação efetiva da turma, principalmente nas atividades experimentais.

No intuito de facilitar a análise e apresentar um referencial taxionômico e didático, segundo Bardin (2011), categorizou-se os dados em cinco temáticas de análise, em virtude da ponderação desses temas no produto educacional. O autor define categorização como:

*A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns destes elementos. O critério de categorização pode ser semântico (categorias temáticas: por exemplo, todos os temas que significam a ansiedade ficam agrupados na categoria "ansiedade", enquanto que os que significam a descontração ficam agrupados sob o título conceitual "descontração"), sintático (os verbos, os adjetivos), léxico (classificação das palavras segundo o seu sentido, com emparelhamento dos sinônimos e dos sentidos próximos) e expressivo (por exemplo, categorias que classificam as diversas perturbações da linguagem). (BARDIN, 2011, p. 147).*

Portanto, a categorização fornece uma representação simplificada dos dados brutos e, portanto, as categorias devem apresentar exclusividade mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade, fidelidade e produtividade. Nesse sentido, e a partir das observações docentes durante a aplicação e as respostas das atividades, a categorização foi dividida nos seguintes

itens taxionômicos: concepções alternativas, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, aprendizagem significativa e atitude.

## 6.2 DIALOGANDO COM OS REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste item serão apresentadas as categorias de análise elencadas anteriormente e submetidas a uma análise à luz do referencial teórico proposto no capítulo 2.

### **Concepções alternativas**

A primeira atividade investigativa da sequência didática apresenta como objetivo identificar as concepções prévias dos alunos acerca dos conceitos fundamentais presentes no material didático. Sobre essas concepções alternativas, Galili (1993) declara:

Esta situação faz com que a óptica seja solo extremamente fértil para a produção de vários tipos de conhecimentos alternativos. Crianças e estudantes constroem espontaneamente concepções que parecem mais plausíveis, fecundas e apropriadas em relação à realidade observada. [...] A complexa interação entre as crenças ontológicas e epistemológicas anteriores, por um lado, e o conhecimento formal, por outro lado, é complicada e idiossincrática. Nossa pergunta é se o conhecimento dos alunos possui ou não características comuns que podem ser causalmente relacionadas com os meios específicos utilizados na instrução oferecida. (GALILI, 1993, p. 849, tradução livre).

Durante a atividade, apesar de serem questões simples rotineiras, a turma apresentou muita dificuldade em explicar os fenômenos descritos em cada um dos questionamentos, como já havia sido descrito no capítulo anterior.

Almeida e colaboradores (2007) declaram que há três concepções alternativas mais frequentes sobre lentes e uma delas foi muito presente na fala e nas respostas dos alunos na questão um, ao declararem que a lente aumenta a velocidade da luz, intensificando a “força da luz” e com isso gerando o fogo, como relata o aluno A15:

“Pois a lupa concentra o foco da luz e aumenta a força com que o sol chega na madeira, com calor suficiente para acender uma fogueira.”

O aluno A22 responde de forma similar:

“O raio de sol tem que passar pelas lentes da lupa e a lupa precisa estar direcionada para fogueira, a lupa vai direcionar uma luz com uma velocidade forte para o objeto, até pegar fogo.”

Uma concepção alternativa muito observada nos estudantes é considerar que a refração não tem relação com a dispersão cromática (ALMEIDA et al., 2007). Essa concepção foi frequente nas questões quatro, seis e sete, e nas repostas dessas questões foi observada a utilização da reflexão da luz para explicar as situações existentes:

“O arco-íris é formado depois da chuva, a chuva vem e molha os lugares depois vem o sol com seus raios de luz que reflete as cores para o céu.” (A22)

“Quando tem sol e começa a chover, os pingos batem na água ai onde tem mais pedrinhas dentro da água o sol bate e reflete esse arco.” (A12)

“Por conta da cor da luz solar que acaba refletindo com o mar, misturando as cores.” (A2)

“Porque o sol reflete nas águas do oceano e se predomina a cor azul, na lua não se tem oceano.” (A7)

Nota-se que, apesar de serem alunos do último ano da educação básica e de terem noção de vários conceitos como dispersão, reflexão e refração da luz, sem o formalismo matemático, ainda sustentam explicações imprecisas. Tem-se verificado que os discentes têm abandonado ideais intuitivas e assimilado conceitos formais, no entanto, ao serem confrontados com atividades que necessitem de transferência de aprendizagem, voltam a replicar as concepções alternativas (VALADARES, 1992).

Clement (1982, p. 70) menciona que as concepções alternativas são necessárias para o início da aprendizagem da Física, ponto de partida, e são modelos conceituais autênticos para interpretar os fenômenos. Outro aspecto interessante foi observar explicações semelhantes dos alunos da mesma turma, apesar de não terem contato entre eles ao responderem o questionário. Pesquisas mostram uma homogeneidade das concepções alternativas entre estudantes no aspecto de sua natureza (DRIVER, 1988; GILBERT; OSBOME; FENSHAM, 1982).

## Diferenciação progressiva

A diferenciação progressiva é um dos princípios teóricos basilares do processo educacional, no qual ocorre a hierarquização dos conceitos, mais gerais para os mais restritos, com o intuito de respeitar as seguintes hipóteses: aprender relaciona-se com uma organização hierárquica do conteúdo na estrutura cognitiva e a outra é que é mais fácil aprender tendo como ponto de partida conceitos mais generalizados (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978). Na terceira e na sexta atividades investigativas são introduzidos, de forma geral, os conteúdos de refração da luz e lentes esféricas, respectivamente, e a partir das demais atividades os assuntos são especificados e ramificados.

Durante a exposição do conteúdo, os alunos tiveram muita dificuldade em compreender a relação entre a velocidade, o comprimento de onda e a frequência da luz e o espectro eletromagnético. Provavelmente, essa dificuldade está relacionada a não terem visto conceitos de ondulatória, pois de acordo com o currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012), esse assunto é abordado apenas no terceiro bimestre.

Por isso, é importante abordar os diferentes aspectos da Física ao apresentar um determinado conteúdo em sala de aula, mesclando as diversas vertentes e explicações da Física Moderna e da Física Clássica, mesmo sem utilizar a linguagem matemática da Física moderna, que é complexa para os alunos do Ensino Médio. Mas, dessa forma, o professor consegue abarcar mais fenômenos e mostrar suas explicações, além de atenuar o ensino de Física que se apresenta de uma forma rígida e compactada em termos de abrangência de conteúdo, como as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) defendem:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 2002, p. 19).

Na terceira atividade investigativa foi realizada a primeira aula expositiva dialogada, na qual foi introduzido o assunto de refração da luz. Durante a aula os alunos foram sendo indagados com exemplos do cotidiano e dos questionamentos presentes no questionário de

concepções prévias (primeira atividade investigativa) e da segunda atividade investigativa. Conforme mencionado anteriormente, o aspecto ondulatório da luz foi o tópico que a turma teve mais dificuldade de compreender, como constatado durante a atividade, pois poucos acertaram as questões que mencionavam esses aspectos, como a letra c da questão 1 (35% dos alunos acertaram) e a questão g (apenas 30% teve resposta satisfatória).

Nas atividades investigativas seguintes, quarta e quinta, ocorreu o processo de diferenciação dos conceitos discutidos na terceira atividade investigativa, no qual foi discutido conceitos mais específicos, como miragem, espectro eletromagnético, ângulo limite, dispersão cromática e efeito fotoelétrico. Ronca e Escobar (1980) citam que a diferenciação progressiva corresponde a ordem natural de aquisição do conhecimento quando são defrontados com algo novo. Além disso, essa estruturação representa como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva do indivíduo, por isso, a importância desse princípio na elaboração de um material de aprendizagem.

Nas atividades da quinta atividade investigativa, na primeira questão alguns alunos tiveram dificuldade em relacionar as características ondulatórias da luz quando muda de meio, como relatado anteriormente. Na segunda questão, 46% dos alunos conseguiram verificar que as sentenças 1 e 2 estavam corretas, porém os demais também conseguiram identificar que a primeira afirmativa estava correta, ou seja, todos os alunos compreenderam o processo da dispersão cromática. Na terceira questão, apesar de grande parte da turma ter verificado corretamente a relação da refração da luz com a mudança de meio e o conceito de refringência, os demais alunos conseguiram deduzir que o meio 1 é mais refringente que o meio 3, mostrando um entendimento da relação entre a mudança dos índices de refração e o comportamento do raio refratado em relação a reta normal. Já na questão 4, 54% responderam corretamente que no ponto 1 ocorre a dispersão da luz, no entanto, os demais relataram que no ponto 1 ocorre a refração o que não é um conceito errôneo, uma vez que a dispersão é uma consequência da refração, indicando que a turma compreendeu o processo de dispersão.

Nesta perspectiva, os alunos ficaram muito motivados ao realizarem a atividade do simulador, pois conseguiram identificar como a luz interage com a superfície, como o aluno A17 declarou:

“Gostei da atividade professor, pois consegui perceber a diferença entre refração e reflexão da luz e utilizar isso na fórmula que o senhor explicou na aula passada.”

O simulador permitiu uma interação com o objeto de estudo e possibilitou um *feedback* positivo porque acentuou a formação de conceitos, induziu a resolução de problemas, permitiu uma interação com uma ferramenta pedagógica tecnológica, além de possibilitar ‘testarem’ diferentes situações presentes nas perguntas das atividades (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80).

Uma nova aula expositiva dialogada é realizada na sexta atividade investigativa para introduzir, em aspectos gerais, o assunto de lentes esféricas e óptica da visão. Esses assuntos são diferenciados em aspectos mais restritos nas três atividades investigativas com tarefas diversificadas com o intuito que o material didático seja potencialmente significativo, ou seja, garantindo as duas condições apontadas por Ausubel (1982):

(1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado ‘lógico’) e (2) que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. (AUSUBEL, 1982, p. 01).

Durante essas atividades, a classe foi muito participativa e faziam questionamentos, principalmente quando o professor falou sobre o uso de lentes para correção de distúrbios de visão. Na tarefa experimental sobre formação de imagens em lentes, ocorreu um grande ‘fascínio’ de como é possível formar imagens distintas apenas pela distância do objeto à lente. As atividades experimentais foram uma ferramenta prazerosa e atrativa para o processo de diferenciação progressiva, fugindo das aulas tradicionais e permitindo ao discente o entendimento dos fenômenos analisados (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Na apresentação do seminário, nona atividade investigativa, as duas equipes conseguiram construir seus instrumentos ópticos e explicaram para todos, com base nos princípios teóricos discutidos em aula, como as imagens são formadas em cada um desses aparelhos (luneta e microscópio) e exploraram o funcionamento de outros instrumentos, como a lupa, o telescópio, a máquina fotográfica e o projetor.

O seminário também pode ser interpretado na ótica da reconciliação integrativa, tema explorado no próximo item.

### **Reconciliação integrativa**

A reconciliação integrativa é presente a partir da terceira atividade investigativa, pois a assimilação de várias ideias resulta na reorganização do conhecimento preexistente e de conceitos novos que estão sendo formados, ou seja, a estrutura cognitiva resulta na

reconciliação integrativa entre as informações já existentes com aquelas que estão sendo assimiladas no sentido de ‘esmerilar’ convergências e divergências entre os conceitos, possibilitando maior diferenciação progressiva em momentos posteriores (NETO, 2006).

Além disso, esse princípio contribuiu para a atividade do professor/pesquisador durante as aulas expositivas dialogadas (quinta, sexta e oitava atividade investigativa), pois estabeleceu relações entre as ideias e possibilitou aos alunos uma visão global do conteúdo facilitando, inclusive, a relação de conceitos que ainda serão abordados (JESUS; SILVA, 2004).

Nas tarefas da quinta atividade investigativa, por exemplo, os alunos conseguiram associar o conceito novo de dispersão cromática com o conceito de refração discutido anteriormente. Na atividade investigativa seguinte, sexta, nos exercícios que exigiam conceitos de refração para deduzir o comportamento da lente é perceptível que a turma compreendeu a relação entre as ideias de índice de refração e o comportamento convergente ou divergente da lente. Essa reflexão se repete na oitava atividade investigativa, na qual os alunos conseguiram associar os conceitos de foco, vergência, convergência e divergência (sexta atividade investigativa) com os exercícios que exigiam a aplicação do estudo analítico das lentes.

O seminário, presente na penúltima atividade investigativa, também foi uma ferramenta importante de reconciliação integrativa, pois possibilitou aos alunos uma inter-relação de grande parte dos conceitos discutidos ao longo do produto educacional, pois a turma, dividida em dois grupos, teve que explorar esses conceitos para compreenderem e apresentarem para a turma com o intuito de explicar a ideia física dos instrumentos ópticos.

Os mapas conceituais, apesar das dificuldades enfrentadas pelos alunos, possivelmente por ser o primeiro contato deles com essa ferramenta avaliativa, indicam que conseguiram evidenciar os principais conceitos apresentados nas aulas, apesar de alguns não terem conseguido estruturá-lo seguindo o princípio conceitual hierárquico. Nesse sentido, Moreira (2010) destaca:

Mapas conceituais podem seguir um modelo hierárquico no qual conceitos mais inclusivos estão no topo da hierarquia (parte superior do mapa) e conceitos específicos, pouco abrangentes, estão na base (parte inferior). Mas este é apenas um modelo, mapas conceituais não precisam necessariamente ter este tipo de hierarquia. Por outro lado, sempre deve ficar claro no mapa quais os conceitos contextualmente mais importantes e quais os secundários ou específicos. Setas podem ser utilizadas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais, mas não obrigatoriamente. (MOREIRA, 2010, p. 2).

Os mapas conceituais também possuem um forte viés avaliativo, permitindo serem uma ferramenta no processo de consolidação e verificação de indícios de aprendizagem significativa, tema do próximo item. Alguns comentários complementares sobre os mapas e o desempenho dos alunos são feitos no item a seguir.

### **Aprendizagem significativa/Consolidação**

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam que no processo de ensino o professor deve ser o ‘comandante’, sendo o responsável por destacar os objetivos, indicar os conteúdos, ordená-los de acordo com o conhecimento prévio de seus alunos e conduzi-los para a aprendizagem, seguindo os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, e promovendo a consolidação e verificação do conhecimento.

Na avaliação final de verificação da aprendizagem destaca-se que ocorreu um aproveitamento acima de 70% por cento de acerto nas questões, sendo que em algumas a porcentagem de sucesso chegou a 94%, indicando que os alunos conseguiram compreender os principais conceitos e a sua aplicação matemática, no contexto em questão.

Na realidade, em todas as etapas investigativas ocorreram atividades avaliativas, e de acordo com a análise gráfica do capítulo anterior, ocorreu, geralmente, uma porcentagem de acerto maior do que de erros nas questões. Isso se deve, possivelmente, a grande participação e atenção da turma nas aulas expositivas e nas atividades experimentais.

Na avaliação com mapas conceituais (décima atividade investigativa), conforme mencionado anteriormente, foi feita uma abordagem qualitativa, pois apesar de todos os alunos terem realizado a atividade proposta, tiveram dificuldades na execução. Grande parte dos mapas apresentam uma estrutura de mapa mental, como se fosse um resumo, como mostrado na Figura 38 (p. 97). Alguns alunos não citaram conceitos, mas sim descrições e inseriram os conceitos como palavras de ligações, como é verificado no mapa conceitual da figura 39 (p. 98). Além disso, pouquíssimos mapas apresentavam ligações cruzadas entre os conceitos (Figura 40 e 41, p. 99-100). Comparando os mapas construídos com alguns dos critérios de avaliação de mapas conceituais proposto por Novak e Gowin (1996), apesar de não terem uma estrutura hierárquica, apresentaram várias proposições válidas e indicação de exemplos.

Durante a atividade os alunos externalizaram os mapas que estavam produzindo e com isso o professor identificou que grande parte dos alunos estava conseguindo relacionar os

conceitos, ou seja, o professor/pesquisador teve a preocupação de procurar explicações dos próprios alunos para a avaliação dos mapas (MOREIRA, 2012).

As três primeiras questões da avaliação final (última atividade investigativa) destacam o raciocínio matemático da refração luminosa: na primeira questão houve 73% de acerto, pois os demais alunos erraram na manipulação matemática, porém conseguiram indicar o conceito de índice de refração como a razão entre a velocidade da luz no vácuo pela velocidade da luz no meio; na segunda questão 88% de acerto e na terceira 80% de acerto, errando apenas na demonstração matemática, porém indicaram e substituíram perfeitamente na Lei de Snell. Comparando com a terceira atividade investigativa, na qual apenas 53% dos alunos conseguiram acertar a questão que envolvia o cálculo com a Lei de Snell, pode-se afirmar uma melhora no desempenho. Na questão 4, que aborda a dispersão cromática, houve 80% de acerto (acertaram as letras a e b da questão), enquanto na quinta atividade investigativa, apenas 54% acertaram a letra a e 46% acertaram a letra b (32% acertaram a questão inteira), mas apesar de não deduzirem que no ponto 1 ocorre a dispersão, declararam que ocorre refração, um conceito verdadeiro, pois a dispersão é resultado da refração. Na questão 5, todos haviam acertado anteriormente (sexta atividade investigativa) e na avaliação, apenas 12% responderam de forma incorreta, indicando entendimento dos alunos ao relacionarem o comportamento das lentes em relação aos índices de refração da lente com o meio externo. Na sexta questão, que foi aplicada na oitava atividade investigativa, houve 85% de acerto e a frequência de resposta dessa questão continuou a mesma, apresentando uma percepção positiva na aplicação do estudo analítico das lentes. Essa mesma apreensão é destacada na última questão da avaliação que não foi aplicada em nenhuma atividade investigativa anteriormente, no entanto, teve uma frequência de acerto acima de 90%.

## **Atitude**

O ensino se articula no aspecto mental do aluno. Nesse sentido, o ensino deve promover a atividade mental auto-estruturante que supõe que o aluno tenha consciência do processo e que a contribuição do professor é necessária para potencializar progressivamente a autonomia dos alunos (ZABALA, 1998, p. 91). Ou seja, os aspectos atitudinal ou afetivo do processo de aprendizagem e de ensino devem ser levados em consideração.

Zabala (1998, p. 46) define atitudes como ‘tendências ou predisposições relativamente estáveis das pessoas para atuar de certas maneiras’, ou seja, são as formas como um indivíduo realiza sua conduta de acordo com valores preestabelecidos. A realização de atividades em

grupos heterogêneos durante as aulas em que o produto educacional foi aplicado permitiu que os alunos assumissem valores a tolerância e aceitação à diversidade e o respeito mútuo, permitindo o diálogo e a participação de todos envolvidos (ZABALA, 1998, p. 106).

Segundo Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 31), o problema da atitude do educando frente ao ensino de ciências pode ser abordado como um conteúdo atitudinal, havendo também os conteúdos verbais e os procedimentais. O interesse pode ser considerado um conteúdo atitudinal, o valor atribuído ao conhecimento, a curiosidade, dentre outros (Ibid., p. 36). Nesta perspectiva, é possível afirmar que o produto educacional foi atitudinalmente relevante para a turma, de uma maneira geral.

O desenvolvimento de uma postura científica é um objetivo dentre outras atitudes exigidas pela cultura contemporânea. Portanto, deve-se apresentar a ciência como algo dinâmico, com fortes implicações para com a postura individual e coletiva (Ibid., p. 42).

Sarabia (2000, p. 170) destaca o caráter abstrato das atitudes, pois é uma construção hipotética da psicologia social. Avaliar atitude resulta em observar as manifestações verbais e comportamentais dos sujeitos, a linguagem e as ações. Portanto, o comportamento do grupo aqui investigado, frente à proposta educacional, permite inferir um engajamento cognitivo e afetivo numa perspectiva atitudinal bastante interessante.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa surgiu da análise reflexiva a partir da experiência do professor regente-pesquisador em uma turma do último ano do Ensino Médio na modalidade Curso Normal, que apresenta como um dos objetivos formar professores para a educação infantil e para as primeiras séries do Ensino Fundamental. A inquietação principal era que a turma em questão apresentava um grande déficit de compreensão dos conceitos físicos essenciais para o entendimento dos fenômenos da natureza e para a formação profissional como futuros docentes.

O ensino de Física precisa ser contextualizado com a realidade do aluno, levando em consideração o desenvolvimento da ciência, a tecnologia, o mercado de trabalho, a interdisciplinaridade, o desenvolvimento social e da cidadania, promovendo uma visão de mundo e um indivíduo crítico (BRASIL, 1998).

Nesse sentido, o programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) apresenta o intuito de capacitar professores da educação básica quanto a parte teórica da Física, teorias de aprendizagem e estratégias para ensinar os conteúdos em sala de aula.

A partir dessas considerações, foi desenvolvido um produto educacional para o ensino de alguns conceitos de óptica geométrica, abordando diversos fenômenos naturais e situações cotidianas. O conteúdo abordado nesse produto educacional é tópico da Física Clássica, presente em diferentes situações do cotidiano do aluno, instituído no Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012) e em todos os livros didáticos do Ensino Médio. Portanto, é muito importante o destaque desse conteúdo de uma forma diferenciada e atraente, tanto para o aluno, quanto para o professor. No entanto, com o intuito de apresentar a Física Moderna e Contemporânea (FMC), também foram introduzidos no material didático proposto alguns conceitos de FMC vinculados ao conteúdo central de Física Clássica.

O produto educacional elaborado foi moldado na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo como um dos suportes teóricos a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS). Dessa forma, as atividades investigativas presentes nesse produto são focadas nos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

A sequência didática, inspirada nas UEPS, visa auxiliar o professor no processo de ensino dos conteúdos de refração e lentes esféricas no ambiente escolar e auxiliar os alunos na aprendizagem dos mesmos. Essa sequência apresenta como estratégia principal a utilização de

experimentos físicos e virtuais que, conforme discutido no suporte teórico dessa pesquisa, apresentam diversos pontos positivos.

Os pilares teóricos visam buscar uma melhor apresentação do conteúdo e dessa, forma possibilitar o interesse dos alunos em aprender e estudar Física, além de mostrar a sua importância para o entendimento do mundo natural e o desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, a UEPS desenvolvida tem boa perspectiva de aplicação em sala de aula. As atividades investigativas valorizam a ação do aluno, pois permitem construir o conhecimento, desenvolver o trabalho em grupo e a reflexão da ciência como algo em desenvolvimento.

Em relação à metodologia da pesquisa, a investigação apresenta uma análise qualitativa (Estudo de Caso), seguindo os princípios metodológicos de Moreira (2009) e André (1998), pois o interesse foi buscar uma interpretação a partir da participação ativa dos alunos de uma única turma nas atividades didáticas propostas. Nessa perspectiva, as observações docentes foram essenciais, pois permitiram a identificação de atitudes comportamentais e descrição das análises dos alunos quando confrontados com os questionamentos, as atividades experimentais, o seminário e as demais tarefas.

No que concerne a estrutura organizacional do material didático desenvolvido, foram apresentadas dez atividades investigativas, seguindo o referencial de Moreira (2011). A primeira atividade investigativa destaca-se em identificar os conhecimentos prévios e as concepções alternativas dos alunos; a segunda atividade investigativa tem como propósito preparar a turma para acolher o conteúdo novo. Nas demais atividades investigativas são apresentados os assuntos com aulas dialogadas, questões e atividades experimentais, destacando os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Enfim, a décima atividade investigativa é concebida para a avaliação que é feita em duas etapas: avaliação com mapas conceituais, apresentando um viés mais qualitativo e uma avaliação mais formal. Esta estrutura permitiu um diálogo bastante profícuo com o referencial teórico e criou um ambiente educativo potencializador da interação discente, tanto do ponto de vista conceitual, como procedimental e atitudinal.

O material foi aplicado no primeiro bimestre do ano letivo de 2019, em um colégio estadual no município de Itaocara, noroeste do Estado do Rio de Janeiro, para uma turma de vinte e seis alunos. Durante as vinte aulas da aplicação, o professor/pesquisador ficou bastante entusiasmado pelo envolvimento e interesse da turma nas atividades propostas, em comparação com o comportamento da turma em outras oportunidades.

Logo na aplicação do questionário inicial, grande parte dos alunos ficou bastante envolvida pelas indagações realizadas e, por que não conseguiam explicar situações

aparentemente tão simples e banais. As atividades experimentais foram um destaque, pois a turma esteve atenta em cada momento e desafiada em conseguir compreender o que estava acontecendo.

Para analisar os resultados das atividades investigativas e das observações docente, foram consideradas cinco categorizações, em consonância com Bardin (2011). As concepções alternativas, primeira categoria analisada, é destacada, pois é comum no processo de ensino e de aprendizagem não levar em consideração os conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva dos discentes. Além disso, identificou-se concepções alternativas que vão ao encontro com algumas citadas na literatura (VALADARES, 1992).

Como o produto educacional em destaque foi estruturado num contexto das TAS, a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva, outras duas categorias, estavam presente de forma singular, atrativa e múltipla, através de atividades experimentais, exercícios, aulas dialogadas e apresentação de seminários.

Agora, levando em consideração as tarefas, as atividades experimentais foram um grande destaque, pois conforme abordado no suporte teórico que norteou essa pesquisa, apresentam diversos pontos positivos que convergem para uma melhor compreensão dos fenômenos físicos. Em contrapartida, a atividade com mapas conceituais não teve tanto êxito quanto as ferramentas experimentais, apesar da existência de mapas com estrutura hierárquica e com proposições válidas. Porém, o destaque dessa atividade e, por isso evidenciado na sua análise, foi o interesse dos alunos em realizá-la e a preocupação dos mesmos em elencar os conceitos de forma correta. Essas atividades estão interligadas com o princípio de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, possibilitando uma evolução conceitual e uma melhor compreensão do conteúdo.

A inserção de experimentos virtuais, o simulador, foi desafiador, pelas dificuldades em acesso à *internet* e a presença de um laboratório de informática confortável e adequado para suas práticas pedagógicas. No entanto, o professor deve estar preparado para enfrentar tais desafios para lincar as suas aulas com a tecnologia, que é algo indissociável com a vida do estudante.

Na avaliação final, a questão que teve menos sucesso teve uma constância de 73% de acertos, enquanto algumas questões, a frequência de acerto foi superior de 90%, permitindo concluir que ocorreu uma boa construção do conteúdo discutido nas aulas, ou seja, houve indícios de aprendizagem significativa, outra categoria de análise. Isso se deve à receptividade que os alunos tiveram das aulas e das atividades aplicadas na UEPS e a predisposição em

aprender e a entender os questionamentos que surgiam e as situações que os experimentos demonstravam.

Outro ponto de destaque na análise se refere à atitude, última categoria de análise, pois ela é atribuída como uma variável ligada a aprendizagem. O interesse em aprender e a realizar as tarefas instituídas prediz a predisposição em conhecer o novo conhecimento. Nesse sentido, em todas as etapas houve um envolvimento relevante dos discentes permite afirmar que o produto educacional teve um impacto atitudinal para a turma.

No final da aplicação, identifica-se uma turma mais participativa, crítica e reflexiva que são características determinantes para futuros profissionais conscientes e preocupados em contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

A partir de todas as considerações anteriores, conclui-se que o professor, como mediador da construção do conhecimento, deve buscar estratégias diferenciadas que permitam um desenvolvimento investigativo, atitudinal, conceitual e procedimental de seus alunos e, principalmente, contribuam para o ensino de Física. Nesse sentido, espera-se que o produto educacional possa ser utilizado em outras classes, proporcionando aulas mais atrativas, dessa forma o professor pode adaptar a UEPS de acordo com a sua realidade.

Conclui-se, portanto, com a citação de Paulo Freire (1996) que vai ao encontro com a potencialidade da pesquisa desenvolvida para formar alunos mais conscientes sobre a sua importância para a formação do conhecimento:

Uma das tarefas essenciais da escola, como centro de produção sistemática de conhecimento, é trabalhar criticamente inteligibilidade das coisas e dos fatos e a sua comunicabilidade. É imprescindível portanto que a escola instigue constantemente a curiosidade do educando em vez de “amaciá-la” ou “domesticá-la”. É preciso mostrar ao educando que o uso ingênuo da curiosidade altera a sua capacidade de achar e obstaculiza a exatidão do achado. É preciso por outro lado e, sobretudo, que o educando vá assumindo o papel de sujeito da produção de sua inteligência do mundo e não apenas o de receptor da que lhe seja transferida pelo professor (FREIRE, 1996, p. 46).

## BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, V. O.; CRUZ, C. A.; SOAVE, P. A. *Concepções Alternativas em Óptica*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, p. 74, 2007.

ANDRÉ, M. E. D. A. *Etnografia da prática escolar*. 2º ed. São Paulo: Papyrus Editora, 1998.

ANJOS, A. J. S. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n.º. 03, dez, p. 569-600, 2008.

ARAÚJO, M. S.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p.176-194, 2003.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 04, n.º. 03, 2004.

AUGÉ, P. S. Restrições cognitivas e o desenvolvimento na história da ciência e no indivíduo das concepções sobre queda dos corpos e ação física. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. *Dordrecht: Kluwer Academic Publishers*, p. 212, 2000.

AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa*. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2ºed. Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. p. 620. Tradução de: Educational Psychology.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do experimento de baixo custo. *Revista de Ensino de Física*, v. 13, p. 97-103, 1991.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria aos métodos*. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994. 337 p. (Coleção ciências da educação). Tradução de: Qualitative Research for Education.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+*. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Ciências da Natureza e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+*. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *PNLD: Guia de Livros Didáticos, Ensino Médio, Física*. Brasília: MEC, 2018.

BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. *Revista Eletrônica de Ciências da Educação*, v. 14, n.º. 01, nov., 2015.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa. *Ensino de Física*. São Paulo: CENGAGE Learning, 2011.

CAVALCANTE, M. A.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. O uso da Internet na compreensão de temas de Física Moderna para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n.º. 01, mar, p. 108-112, 2001.

COELHO, R. O. *O uso da informática no ensino de física de nível médio*. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Pelotas, p. 101, 2002.

CLEMENT, J. Students 'preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, Vol. 50, W 1, pp. 66-71, Jan. 1982.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte I – Circuitos elétricos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n.º. 04, 2006, p. 487-496.

DRIVER, R. Theory into Practice II: A Constructivist Approach to Curriculum Development, in Development and Dilemmas in *Science Education*, ed. Peter Fensham, The Palmer Press, pp. 133-149, London, 1988.

ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching. In Wittrock, M.C. (Ed.). *Handbook of research on teaching*. New York: Macmillan Publishing Co. p. 119-161. Traducción al español: Erickson, F. (1989) Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. In Wittrock, M.C. (Comp.). *La investigación en la enseñanza, II*. Barcelona, Paidós. p. 195-301, 1986.

GALILI, L., Weight and Gravity: teachers' ambiguity and students' conjuision about concepts, Intemational. *Journal of Science Education*, Vol. 15, N.º 2, March-April., pp. 149-162, 1993.

GILBERT, J.; OSBORNE; R., FENSHAM, P. Children 'science and its consequences for teaching. *Science Education*, Vol. 66, N.º 4, pp. 623-633, 1982.

GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. A. O Ensino da Óptica na perpectiva de compreender a luz e a visão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.18, n.º.1, p. 26-40, 2001.

FILHO, P. J. D. F. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena*. 2ª edição. Florianópolis: Visual Books Ltda., p. 372, 2008.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo, SP: Editora Paz e Terra S/A, 1996.

HALLIDAY, D.; RESNICK, J. W. *Fundamentos da Física*, volume 4: Óptica e Física Moderna. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. D. F. O.; OLIVEIRA FILHO, K. D. S. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, nº. 02, p. 267-273, 2007.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, nº. 3, p. 299-313, 1992.

JESUS, M. A. S.; SILVA, R. C. O. A Teoria de David Ausubel - O uso dos organizadores prévios no ensino contextualizado de funções. *Anal. VIII Encontro Nacional de Educação Matemática*, 2004.

KEMMIS, S. Action research. In Keeves, J.P. (Ed). *Educational research, methodology, and measurement*. An international handbook. Oxford: Pergamon Press. p. 173-179, 1988.

LEMO, E. A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, p. 25-35, 2011.

MACEDO, J. A; DICKMAN, A.G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, nº.1, p. 562-613, 2012.

MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L. V.; AMORIM D. C. Avaliação da hipermetria no processo de ensino e aprendizagem da física: o caso da gravitação. *Ciência & Educação*, v. 10, nº. 01, p. 75-100, 2004.

MACHADO. D.I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermetria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, nº. 04, p. 473-485, 2006.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D. Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente. *Anal. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2011.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

\_\_\_\_\_. *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica*. Conferência do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madri, Espanha, setembro 2006.

\_\_\_\_\_. Concept maps as tools for teaching. *Journal of College Science Teaching*, n°.8, v.5, p. 283-286, 1979.

\_\_\_\_\_. *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro, 2010.

\_\_\_\_\_. *Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos*. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>, 2009. Acesso em 06 de novembro de 2018.

\_\_\_\_\_. *O que é afinal aprendizagem significativa?* Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2002.

\_\_\_\_\_. Organizadores previos y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, Santiago: Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008. ISSN 0717-9618. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2932482>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 2017.

\_\_\_\_\_. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.1, n°.2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, A. F.; BORGES, O. Ambiente de aprendizagem de Física mediado por animações. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 07, n°. 01, 2007.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 9, n°. 2, p. 301-315, 2003.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

NETO, J. A. S. P. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. *Periódico do Mestrado em Educação da UCDB*, Campo Grande, MS, n. 21, p.117-130, jan./jun. 2006.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. *Aprender a Aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NUSSENZVEING, H. M. *Curso de Física Básica 4: ótica, Relatividade, Física Quântica*. 2º ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OGBU, J.U.; SATO, N.E; KIM, E.Y. Anthropological inquiry. In Keeves, J.P. (Ed). *Educational research, methodology, and measurement*. An international handbook. Oxford: Pergamon Press. p. 48-54, 1988.

PAIVA, A. P. S. Utilizar as TIC para ensinar Física a alunos surdos – Estudo de caso sobre o tema “A luz e a visão”. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 06, n°. 03, 2006.

PAULA, H. F. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simuladores e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n°. 1, p. 75-103, abr. 2017.

PENA, F. L. A. A influência dos PCN sobre a pesquisa em ensino de física: um estudo a partir de artigos publicados em periódicos nacionais especializados na área. *Anal. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2000.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. A. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n°. 1, p. 265-277, abr. 2017.

POZO, J. I. *Teorias cognitivas da aprendizagem*. 3ª. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998.

POZO, Juan Ignacio; GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REZENDE, F.; BARROS, S. D. S. Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hipermídia ‘Força e Movimento’. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 01, n°. 02, 2001.

REZENDE, F.; GARCIA, M. A. C.; COLA, C. D. S. D. Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e anatomia humana. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n°. 02, p. 239-259, 2006.

REZENDE, F.; QUEIROZ, G. R. P. C. Apropriação discursiva do tema ‘interdisciplinaridade’ por professores e licenciandos em fórum eletrônico. *Ciência & Educação*, v. 15, n°. 03, p. 459-478, 2009.

RIBEIRO, J. L. P.; VERDEAUX, M. F. S.; FRAGA, L. M. Atividades Experimentais no Ensino de Óptica: uma revisão. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 34, n°. 4, p. 1-10. 2012.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação. *Currículo Mínimo Física*, 2012. Disponível em: [www.conexaoprofessor.rj.gov.br/curriculo\\_aberto.asp](http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/curriculo_aberto.asp). Acesso em: 28 maio de 2018.

RONCA, A. C. C.; ESCOBAR, V. F. *Técnicas pedagógicas: domesticação ou desafio à participação*. Rio de Janeiro: Vozes, 1980.

SARABIA, B. A aprendizagem e ensino das atitudes (Cap. 03). In: COLL, C. e outros. *Os conteúdos da reforma-ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Trad. Beatriz Affonso Neves, Porto Alegre: Artmed, 2000.

SANTOS, G.H.; ALVES, L.; MORET, M.A. Modellus: Animações Interativas Mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. *Sitientibus Série Ciências Físicas*, v.2, p. 56-67, 2006.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n°. 2, p. 185-195, jun. 2002.

SILVA, T. D. Ensino à distância e tecnologias na educação: o estudo de fenômenos astronômicos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n°. 03, dez, p. 533-546, 2009.

SILVA, W. P. D.; SILVA, C.M.D.P.S.; SILVA, D. D.P.S.; SILVA, C.D.P.S. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n°. 01, abr, p. 103-110, 2004.

SOUSA, D. B. D. *Um curso de ótica baseado em experimentos*, 2010. Disponível em: <[http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc\\_details/71-um-curso-de-otica-baseado-em-experimentos](http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc_details/71-um-curso-de-otica-baseado-em-experimentos)>. Acesso em: 15 maio de 2018.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *Revista online Ciência & Cognição*, v. 13, n°. 2, p. 99-108, 2008.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para Cientistas e Engenheiros*, volume 2: eletricidade e magnetismo, óptica. 6° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

VALADARES, J., *As Concepções Empíricas e o Ensino da Física*, Comunicação IXP 10 do 2° Encontro Ibérico para o Ensino de Física, UTAD, Vila Real, Set. 1992.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170, 1990.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física IV Ótica e Física Moderna*, volume 4, 12ª edição. Traduzido por Cláudia Santana Martins. São Paulo: Pearson, 2009.

ZABALA, A. *A prática educativa, como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## **APÊNDICE A**

The background features a close-up of a microscope lens with light rays passing through it, creating a warm, golden-yellow glow. Several circular light artifacts are scattered across the scene.

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIDADES DE ENSINO  
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS  
PARA O ENSINO DE REFRAÇÃO  
DA LUZ E LENTES ESFÉRICAS**

**RONALD DOS SANTOS MERLIM  
2019**



## APRESENTAÇÃO

Caro professor,

O seguinte material didático aborda conteúdos pertinentes à óptica geométrica, focado nos conceitos de refração da luz e lentes esféricas, voltados para o Ensino Médio e foi desenvolvido na perspectiva de Moreira (2011) sob a forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Essa sequência didática é baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) que afirma que o conhecimento prévio é o principal fator influenciador na aprendizagem do aluno. Além disso, as UEPS são estruturadas nos dois princípios básicos da TAS:

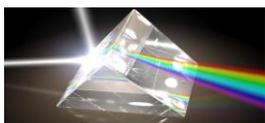
**Diferenciação progressiva:** princípio que afirma que as ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e progressivamente detalhado e diferenciado.

**Reconciliação integrativa:** é um princípio programático da matéria de ensino segundo o qual o mesmo deve explorar relações entre conceitos, apontar similaridades e diferenças e reconciliando discrepâncias.

A Sequência Didática apresentada nesse produto educacional é parte integrante da dissertação elaborada no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), polo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF).

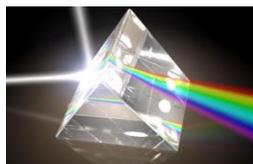
Caso o professor tenha interesse em aprofundar mais sobre as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas ou a Teoria da Aprendizagem Significativa poderá estudar a dissertação que aborda toda a fundamentação teórica que alicerça a elaboração dessa sequência didática.

Qualquer informação ou orientação pode ser enviada através do e-mail:  
ronald1merlim@yahoo.com.br  
Ronald dos Santos Merlim



## SUMÁRIO

<b>Introdução</b>	<b>130</b>
<b>Primeira Atividade Investigativa</b>	<b>132</b>
<b>Segunda Atividade Investigativa</b>	<b>138</b>
<b>Terceira Atividade Investigativa</b>	<b>152</b>
<b>Quarta Atividade Investigativa</b>	<b>158</b>
<b>Quinta Atividade Investigativa</b>	<b>171</b>
<b>Sexta Atividade Investigativa</b>	<b>179</b>
<b>Sétima Atividade Investigativa</b>	<b>187</b>
<b>Oitava Atividade Investigativa</b>	<b>190</b>
<b>Nona Atividade Investigativa</b>	<b>196</b>
<b>Décima Atividade Investigativa</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>208</b>



## INTRODUÇÃO

A sequência didática é constituída de dez atividades investigativas resumidas a seguir:

- 1- **Questionário de coleta das concepções prévias:** A primeira atividade investigativa consiste de um questionário com oito questões que abordam situações que envolvem conceitos que serão trabalhados durante todo o produto.
- 2- **Vídeos com experimentos como organizador prévio:** Nessa atividade serão apresentados quatro vídeos de curta duração que mostram experimentos básicos abordando o assunto refração da luz, assunto que estava presente em algumas questões do questionário da atividade anterior. Após assistir cada vídeo, os alunos irão responder algumas questões, os quais deverão explicar os fenômenos descritos em cada experimento.
- 3- **Aula expositiva dialogada:** A terceira atividade investigativa consiste de uma aula expositiva sobre o conteúdo de índice de refração e refração da luz, no entanto, durante a explanação o professor retornará à atividade realizada no segundo encontro e explicará cada um dos experimentos. Ao final da aula os alunos irão responder dois exercícios<sup>8</sup> que abordam os conceitos da Lei de Snell. Além disso, serão abordados o conceito da luz como uma onda eletromagnética e a relação entre comprimento de onda, frequência e velocidade da luz e excitação de elétrons.
- 4- **Experimento experimental/simulação:** Essa atividade envolve a utilização de um experimento virtual, um simulador *PHET Interactive Simulations*<sup>9</sup>. Nesse simulador, o aluno estudará o fenômeno de refração da luz e deverá realizar sete procedimentos descritos em forma de questões. Além da atividade virtual, também será apresentado um experimento físico sobre refração.
- 5- **Aula expositiva dialogada/questões:** Nesse momento será realizada uma aula expositiva e resolução de questões sobre ângulo limite e reflexão total, formação de miragens, e dispersão da luz.

---

<sup>8</sup> No apêndice I é apresentado o gabarito de todas as atividades investigativas do produto educacional.

<sup>9</sup> Um tutorial sobre o simulador encontra-se no apêndice II do produto educacional.

- 6- Aula expositiva dialogada sobre lentes:** A sexta atividade investigativa começa a abordar o assunto de lentes esféricas que irá se desenvolver em todas as demais atividades investigativas. Inicialmente, será apresentada uma aula com a definição de lentes, identificação dos elementos geométricos das lentes, diferença entre lentes divergentes e convergentes, conceito de foco e vergência e o olho humano.
- 7- Experimento físico sobre lentes:** Esta atividade consiste de uma atividade experimental para avaliar a formação de imagens com lentes. Os alunos irão receber quites de lentes e deverão reproduzir em um papel milimetrado os desenhos correspondentes às imagens das lentes e responder as questões presentes do roteiro.
- 8- Aula expositiva sobre lentes:** Essa atividade investigativa consiste de uma aula expositiva sobre o estudo analítico das lentes, a utilização das equações de Gauss e a conversão de sinais utilizados nessas equações e os defeitos de visão.
- 9- Seminários sobre instrumentos óticos:** Nessa etapa as duas equipes divididas no primeiro encontro apresentam os seminários sobre instrumentos óticos: trazem os instrumentos óticos feitos com material de baixo custo e explicam para a turma o seu funcionamento, de acordo com o suporte teórico fornecido nas aulas durante as atividades.
- 10- Avaliação/mapa conceitual/questões:** A última atividade investigativa é avaliativa, agrupada em duas etapas. Na primeira etapa, os alunos irão realizar um mapa conceitual<sup>10</sup> do conteúdo trabalhado durante toda a sequência didática, de forma individual. A segunda etapa avaliativa será uma sequência de questões a serem resolvidas individualmente, sem consulta, para analisar o entendimento do conteúdo trabalhado.

---

<sup>10</sup> Um tutorial sobre mapa conceitual encontra-se no apêndice III do produto educacional.

# 1

## QUESTIONÁRIO INICIAL

### **OBJETIVO:**

- Coletar as concepções alternativas dos alunos sobre conceitos no âmbito da refração e lentes esféricas.



## PRIMEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### QUESTIONÁRIO INICIAL/CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

#### QUESTÃO 1

Seu professor, Ronald, foi acampar sozinho no meio da mata na Serra da Bolívia em Aperibé (Rio de Janeiro). Precisou acender uma fogueira para se manter aquecido durante a noite, no entanto, esqueceu de levar fósforo, porém, em sua bolsa tinha uma lupa que seu avô tinha dado para ele. Ronald lembrou que viu em um desenho animado que acendia uma fogueira utilizando uma lupa. Como seria possível colocar fogo utilizando uma lupa?



Figura 1<sup>11</sup>

---

---

---

---

#### QUESTÃO 2

Numa quinta-feira à tarde, Ronald saiu de Itaocara para Campos dos Goytacazes, utilizando a rodovia RJ 158, para assistir suas aulas no Mestrado em Ensino de Física no Instituto Federal Fluminense (IFF). O tempo estava muito quente e sem sinal de chuva, no entanto, ao olhar o asfalto tinha a impressão que ele estava molhado, como mostra a imagem abaixo. Como você explicaria isso?

<sup>11</sup> Disponível em: [https://st.depositphotos.com/1000998/1819/v/600/depositphotos\\_18194019-stock-video-young-man-sits-on-grass.jpg](https://st.depositphotos.com/1000998/1819/v/600/depositphotos_18194019-stock-video-young-man-sits-on-grass.jpg)

Figura 2<sup>12</sup>

---

---

---

---

### QUESTÃO 3

Depois de uma semana cansativa de muitas aulas lecionadas e inúmeras provas para corrigir, Ronald aproveitou o fim de semana para ir ao clube para se refrescar na piscina. Relaxando na piscina, e como sempre muito curioso, ele percebeu que suas pernas que estavam dentro da piscina tinham uma imagem deformada. Ronald percebia suas pernas mais curtas ou compridas? Qual explicação para existir essa deformação na imagem?

---

---

---

---

<sup>12</sup> Disponível em: <http://s3-sa-east-1.amazonaws.com/descomplica-blog/wp-content/uploads/2015/09/6a0105371bb32c970b0120a90385f7970b.jpg>

**QUESTÃO 4**

Ao olharmos para o céu durante o dia, percebemos a predominância da cor azul. No entanto, um astronauta que está na lua, ao olhar o céu vê tudo negro. Por que o céu no referencial da Terra é azul? Por que na lua o céu é negro?

---

---

---

---

**QUESTÃO 5**

Ronald, como sempre muito curioso, em uma aula prática de física no laboratório, pegou duas lentes e colocou na frente do seu rosto e percebeu diferença na imagem formada pelas lentes, como mostra a figura em seguida. Como você consegue explicar o motivo pelo qual uma lente diminui a imagem e a outra aumenta a imagem?



Figura 3<sup>13</sup>

---

---

---

---

<sup>13</sup> Disponível em:

[https://www.sistemanovi.com.br/basenovi/image/ConteudosDisciplinas/27/49/284/301579/lupa-2.png?pfdrd\\_c=true](https://www.sistemanovi.com.br/basenovi/image/ConteudosDisciplinas/27/49/284/301579/lupa-2.png?pfdrd_c=true)

**QUESTÃO 6**

Durante um dia de verão percebeu-se a formação de um arco-íris. Como é possível surgirem tantas cores no céu a partir da luz solar? Como você conseguiria explicar o formato de arco que o arco-íris apresenta?



Figura 4<sup>14</sup>

---

---

---

---

**QUESTÃO 7**

Ronald resolveu passar o fim de semana na Praia do Forte, em Cabo Frio, e ao observar o Sol no horizonte percebia uma cor avermelhada. Como você consegue explicar a presença da cor avermelhada no céu no horizonte, como mostra a imagem?

<sup>14</sup> Disponível em: [https://www.joaomedeiros.com/wp-content/uploads/2014/09/rainbow\\_5-538x218.jpg](https://www.joaomedeiros.com/wp-content/uploads/2014/09/rainbow_5-538x218.jpg)

Figura 5<sup>15</sup>

---

---

---

---

### QUESTÃO 8

Você já ouviu falar sobre refração da luz? Escreva o que você imagina que seja ou algo que você acredite que esteja relacionado.

---

---

---

---

### TAREFA PARA CASA

Na nona atividade investigativa será realizado um seminário. A turma pode formar dois grupos e sortear os temas. As instruções encontram-se lá na nona atividade. Boa sorte e mãos à obra!

---

<sup>15</sup> Disponível em:

[http://4.bp.blogspot.com/\\_LveZ9WFuplQ/TDO3CEyi9zI/AAAAAAAAABI/5oUcCjn9uRA/s1600/por+do+sol.j](http://4.bp.blogspot.com/_LveZ9WFuplQ/TDO3CEyi9zI/AAAAAAAAABI/5oUcCjn9uRA/s1600/por+do+sol.jpg)

# 2

## EXPERIMENTOS/VÍDEOS SOBRE REFRAÇÃO

### **OBJETIVO:**

- Instigar os alunos a encontrar explicações para os experimentos apresentados nos vídeos.



## SEGUNDA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### EXPERIMENTOS/VÍDEOS SOBRE REFRAÇÃO

Agora iremos assistir a alguns vídeos sobre o tema refração. Eles servirão de motivação para iniciarmos o assunto. Primeiramente será apresentada para vocês a definição formal de refração, que foi o tema da oitava questão da atividade realizada anteriormente. Essa definição servirá de orientação para melhor interpretarmos os fenômenos apresentados nos vídeos, para ajudar um pouco nas próximas questões propostas e dar o ‘ponta-pé’ inicial para trabalharmos esse interessante conceito da física.

Eis da definição de refração<sup>16</sup>:

**A refração da luz pode ser entendida como a variação de velocidade sofrida pela luz ao mudar de meio.**

**Essa variação na velocidade pode vir acompanhada também de uma variação na direção de propagação do raio luminoso, ou seja, pode haver um desvio na direção de propagação.**

Agora, vamos aos vídeos!!

#### **EXPERIMENTO 1: A CANETA QUE ENTORTA NA ÁGUA**

Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e_0)

1. No experimento percebemos que a caneta apresenta um aspecto distorcido, como se ela estivesse quebrada. Como você conseguiria explicar tal situação?

---

---

---

#### **EXPERIMENTO 2: A GARRAFA QUE DESAPARECE**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>

---

<sup>16</sup> RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO (2005).

2. Durante o experimento percebe-se que a garrafa desaparece ao colocar uma determinada substância transparente. Por que isso acontece? Vamos tentar explicar?

---

---

---

3. Em relação à questão anterior, se você substituísse a substância transparente por água, a garrafa ficaria transparente também? Explique sua resposta.

---

---

---

### **EXPERIMENTO 3: ESFERAS QUE DESAPARECEM**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>

4. E agora!? Como explicar?

---

---

---

### **EXPERIMENTO 4: RETAS CURVAS**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bbcFeMaJviU>

5. No experimento percebe-se que ao colocar uma garrafa de água na frente da imagem, ela ficará distorcida. Como você consegue desvendar tal fenômeno?

---

---

---

Caro professor, caso a escola não possua internet poderá passar as imagens dos experimentos no *datashow*:

### EXPERIMENTO 1: A CANETA QUE ENTORTA NA ÁGUA



Fonte: Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e_0)



Fonte: Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e_0)



Fonte: Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=y5ChYeb2e_0)

## EXPERIMENTO 2: A GARRAFA QUE DESAPARECE



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KdN-pt9wnPc>

**EXPERIMENTO 3: ESFERAS QUE DESAPARECEM**

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>

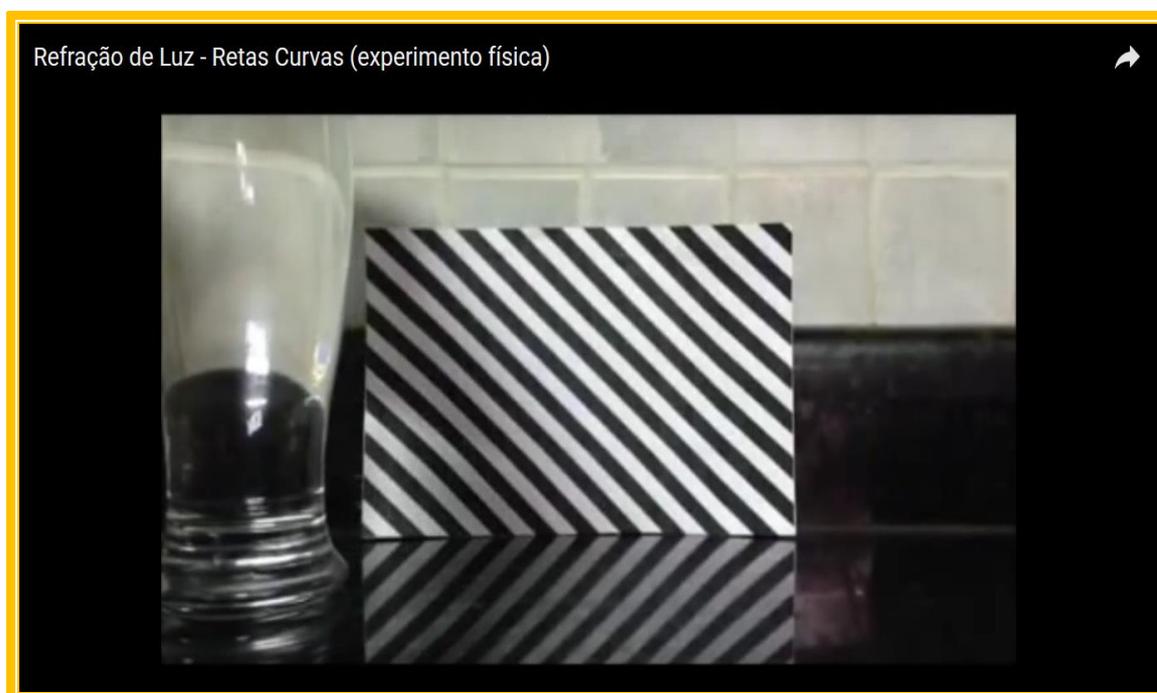


Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AKA52PT2TuE>

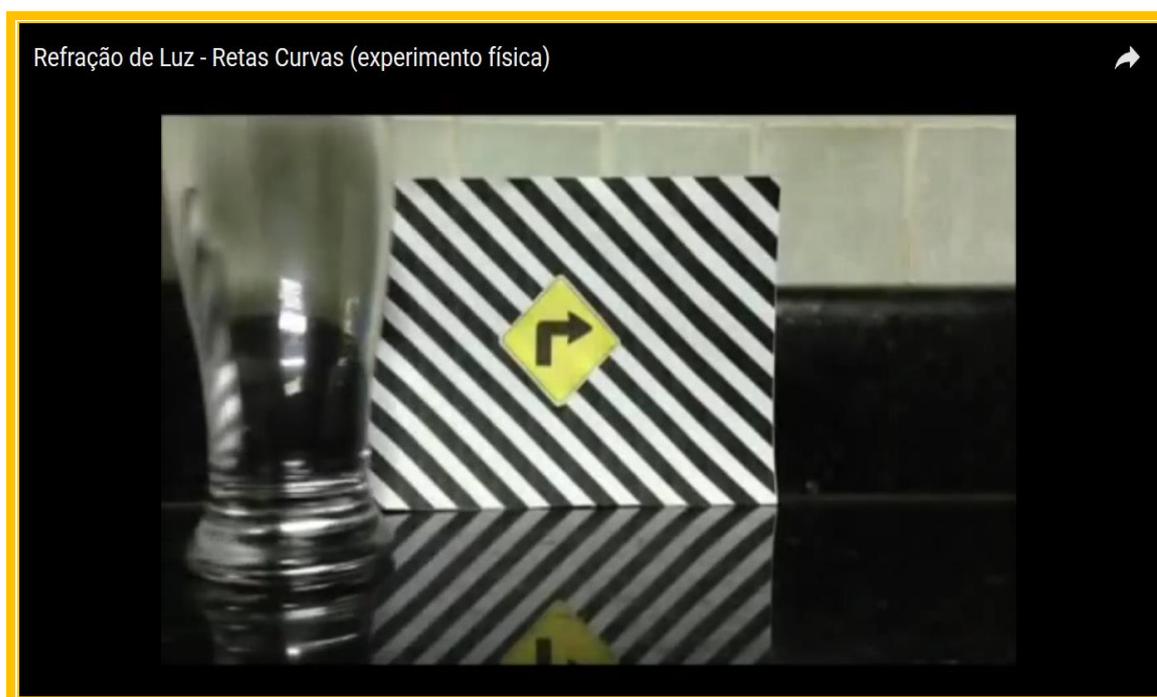
#### EXPERIMENTO 4: RETAS CURVAS



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bbcFeMaJviU>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bbcFeMaJviU>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bbcFeMaJviU>



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bbcFeMaJviU>

# 3

## AULA DIALOGADA/QUESTÕES

### OBJETIVO:

- Apresentar o conteúdo, de forma geral, explorando os seguintes tópicos: índice de refração, refração da luz, relação entre refração da luz e comprimento de onda, frequência e velocidade da luz, relação da luz com a estrutura atômica.



## TERCEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### AULA DIALOGADA/QUESTÕES

Nessa etapa, inicialmente, será realizada uma pequena apresentação do conteúdo, abordando o conceito de índice de refração e refração da luz. A partir dessa introdução do conteúdo iremos explicar, de maneira mais formal, os fenômenos ocorridos nos experimentos/vídeos da aula/etapa anterior.

### REFRAÇÃO DA LUZ

A luz é considerada uma onda eletromagnética, tendo como característica a sua velocidade constante no vácuo, que é representada pela letra **c** e tem um valor aproximado de 300 mil quilômetros por segundo ( $c = 3 \cdot 10^5$  Km/s ou  $3 \cdot 10^8$  m/s). Porém, nos meios materiais, o comportamento da luz se modifica devido sua interação com a matéria existente, tendo sua velocidade **v** menor que **c**.

#### 1.1 Índice de refração absoluto

O índice de refração da luz monocromática (uma cor) é uma grandeza que relaciona a velocidade da radiação monocromática no vácuo e em meios materiais e é expressa por:

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{Onde: } c = \text{velocidade da luz no vácuo;} \\ v = \text{velocidade da luz no meio.}$$

Por meio da fórmula, observa-se que o índice de refração absoluto nunca pode ser menor do que 1, já que a maior velocidade possível em um meio é **c**, se o meio considerado for o próprio vácuo. A tabela mostra o índice de refração de alguns materiais:

MATERIAL	n
Ar seco (0° C, 1 atm)	1
Água (20°C)	1,33
Etanol (20°C)	1,36
Glicerina	1,47
Diamante	2,4

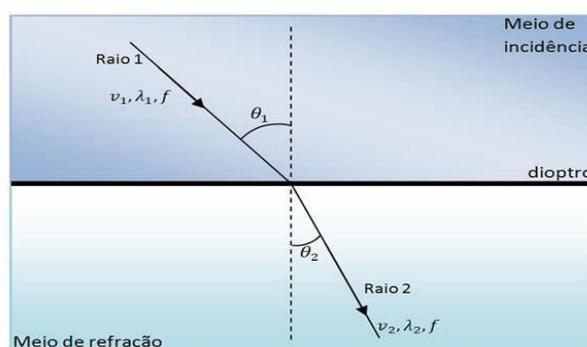
Usando uma linguagem intuitiva, pode-se dizer que o índice de refração mostra a dificuldade da luz se propagar em um meio. Quando maior seu valor, menor a velocidade da

luz e maior são as ‘dificuldades’ encontradas na propagação.

## 1.2 Refringência

Um meio será mais refringente que outro quando seu índice de refração é maior que do outro. Portanto, o etanol é mais refringente que a água. Podemos dizer também que um meio é mais refringente que outro quando a luz se propaga por ele com velocidade menor, em comparação com o outro meio.

A refração da luz é o fenômeno em que ela é transmitida de um meio para outro diferente. Nesta mudança de meios, a frequência da onda luminosa não é alterada, embora sua velocidade e o seu comprimento de onda sejam alterados. Como ocorre alteração da velocidade de propagação, ocorre um desvio da direção original. Se a incidência for ortogonal, não há desvio.



Fonte<sup>17</sup>

**Primeira lei da refração:** A 1ª lei da refração diz que o raio incidente (raio 1), o raio refratado (raio 2) e a reta normal ao ponto de incidência (reta tracejada) estão contidos no mesmo plano, que no caso do desenho acima é o plano da tela.

**Segunda lei da refração:** Na refração, o produto do índice de refração do meio no qual ele se propaga pelo seno do ângulo que o raio luminoso faz com a normal é constante. Relação conhecida como Lei de Snell-Descartes.

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2 \quad \text{Onde: } n = \text{índice de refração dos meios;} \\ \theta = \text{ângulo de incidência e refração.}$$

### Explicação dos vídeos/experimentos da segunda atividade investigativa

<sup>17</sup> Disponível em: [https://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaodaluz/leis\\_de\\_refracao.php](https://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaodaluz/leis_de_refracao.php)

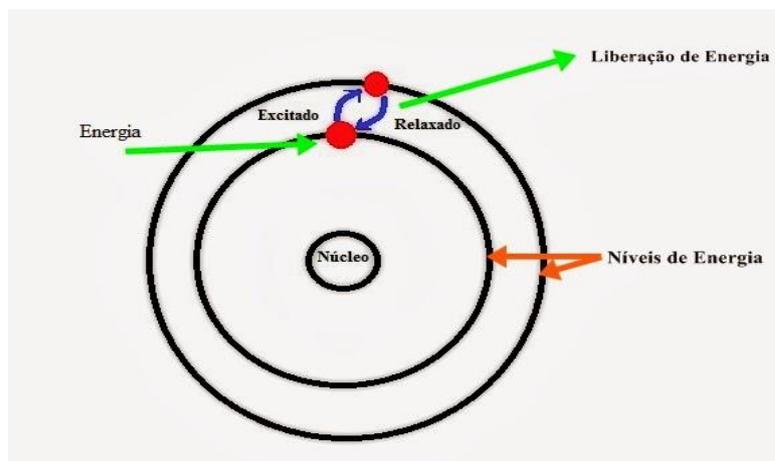
O ar tem um índice de refração de cerca de 1,0 e a água tem um índice de refração de 1,33. Se uma pessoa olha diretamente para um objeto, como um lápis, que é colocado inclinadamente e parcialmente dentro de um copo com água, o lápis parece que dobra exatamente na superfície da água. Isso se deve a mudança na velocidade da luz e de sua direção de propagação ao incidir em meios diferentes, ou seja, da água para o ar. O mesmo ocorre no experimento 4, onde percebemos a curvação das retas, quando a luz atravessa o vidro do copo ela sofre uma pequena alteração, logo depois tem um desvio em função da água, isso ocorre quando ela entra e sai do copo.

Agora o experimento 2 e 3. Nós enxergamos um objeto opaco quando a luz reflete em sua superfície e atinge nossos olhos, ou seja, não o atravessa. Quando o objeto é translúcido ou transparente, como a água e o vidro, somente o percebemos quando a luz muda de velocidade e de direção antes de atingir nossos olhos. No experimento 2, a glicerina e o vidro possuem índices de refração muito próximos, com isso a luz possui a mesma velocidade tanto no vidro quanto na glicerina, não ocorrendo desvio e nossos olhos não conseguem distinguir o que é vidro e o que é glicerina, temos impressão então que a garrafa desapareceu. O mesmo ocorre com o experimento 3: as bolinhas são constituídas por um polímero chamado poliacrilato de sódio que possui um grande poder de absorção de água, portanto, esse polímero é utilizado em fraldas descartáveis e absorventes higiênicos. Como esse material consegue absorver água, sua constituição é basicamente água e, portanto, a luz não sofre desvio e dessa forma nossos olhos não conseguem distinguir.

### **Mas, como a luz é formada?**

A luz é um tipo de onda eletromagnética e corresponde ao espectro eletromagnético que o nosso olho consegue enxergar. A luz é produzida por corpos que estão com alta temperatura (como o filamento de uma lâmpada) e pela reorganização dos elétrons em átomos e moléculas.

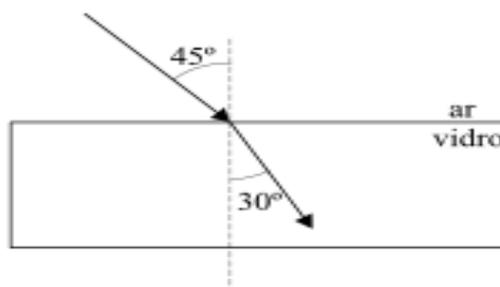
A excitação dos elétrons produz o fenômeno da fluorescência, ou seja, energia capaz de gerar luz. O funcionamento das pulseiras de Neon comum em festas é semelhante às lâmpadas fluorescentes, onde os elétrons presentes são excitados até que retornem à órbita original. Essa órbita energizada emite luz (na forma de fóton), que só é transmitida enquanto há fornecimento de energia. Se o abastecimento for interrompido, ou seja, quando os elétrons retornam à estabilidade, cessa a emissão de energia.



Fonte<sup>18</sup>:

## QUESTÕES

**QUESTÃO 1:** A partir do conteúdo exposto aqui, percebemos que a velocidade da luz  $v$  se altera para diferentes meios materiais nos quais se propaga e que seu valor depende da razão entre a velocidade da luz no vácuo e o índice de refração  $n$  do meio em que se propaga. O esquema abaixo mostra a interação de uma luz monocromática no vidro. Dados:  $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ ,  $\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s,  $n_{\text{ar}} = 1$ .



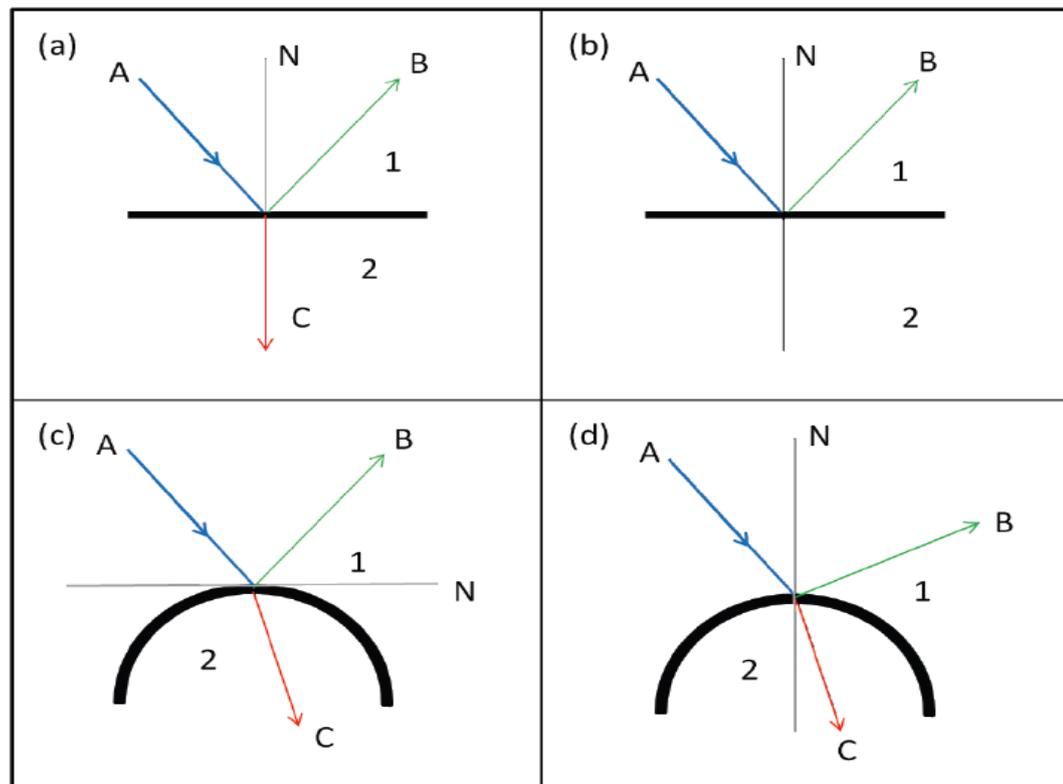
- Qual dos dois meios (ar ou vidro) é mais refringente? Justifique sua resposta.
- Analisando o esquema, percebe-se que o ângulo refratado é menor que o ângulo de incidência, ou seja, o raio de luz se aproximou da normal? Por que isso ocorreu?
- Em qual meio a luz apresenta maior frequência?
- Calcule o índice de refração do vidro.
- Determine a velocidade da luz no vidro.

<sup>18</sup> Disponível em: <http://3.bp.blogspot.com/-0jhSIj2zkCY/Ur-Dnkc8YxI/AAAAAAAAABLs/rdui3tBwyig/s1600/2.jpg>

f) Em qual dos dois meios a velocidade da luz é maior? Justifique.

g) E em relação ao comprimento de onda, qual apresenta maior comprimento? Explique.

**QUESTÃO 2:** Em cada um dos casos abaixo, está representada a incidência de um raio luminoso em uma superfície de interface entre dois meios, 1 e 2. Contudo, há em todas as figuras um erro no traçado. Nas quatro situações abaixo, identifique claramente onde está o erro, justificando detalhadamente no espaço abaixo e apresentando NA PRÓPRIA FIGURA como deveria ser a versão correta. Nos desenhos, a interface está representada de preto com traçado grosso, a normal N está representada de cinza, o raio incidente A de azul, o raio refletido B de verde e o raio refratado C de vermelho. Considere  $n_1 < n_2$ , para todos os casos.



# 4

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL/SIMULAÇÃO

### **OBJETIVO:**

- Aplicar e aprofundar os conhecimentos sobre refração em atividade experimental física e virtual.



## QUARTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL/SIMULAÇÃO

Agora vamos realizar uma atividade experimental com o simulador *PHET*, para consolidar nosso aprendizado sobre refração da luz. Essa atividade pode ser realizada em duplas ou trios, dependendo da disponibilidade de computadores no laboratório de informática da escola. Além disso, será necessária a utilização de calculadoras científicas para o cálculo de seno, mas você também pode usar a calculadora dos seus celulares.

O simulador PHET está disponível no link:

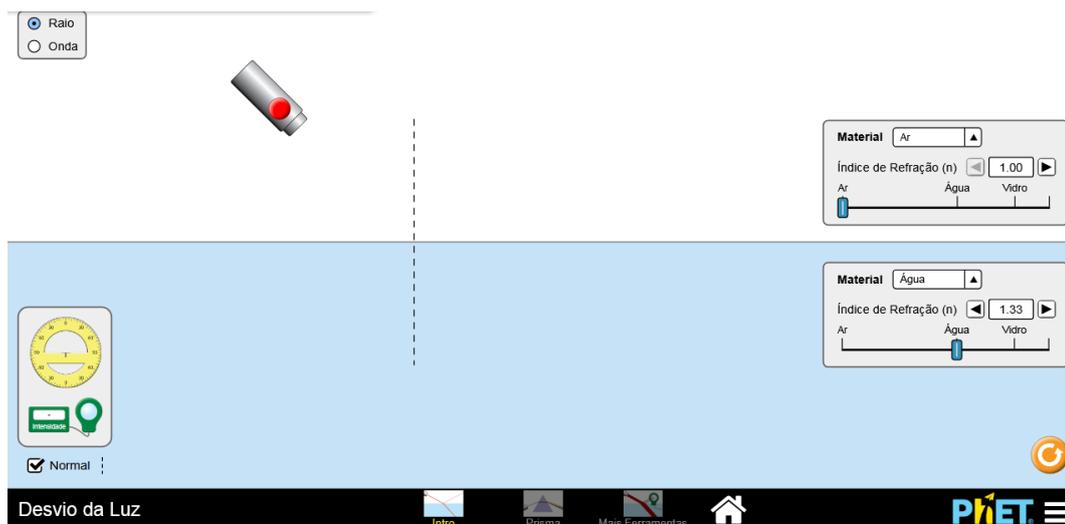
[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)

No menu à esquerda, você irá clicar em “Física” e depois em “Luz e Radiação” e a seguinte página será aberta:

Então, irá escolher o simulador chamado “Desvio da Luz” e escolherá a primeira opção “Intro”:



E a seguinte página será aberta:



Agora vamos realizar os seguintes procedimentos e responder as questões:

## QUESTÕES

**QUESTÃO 1:** Inicialmente irá clicar no *laser* para dispará-lo. À direita há as opções de materiais; no material do segundo meio marque a opção “Mistério B”. Em seguida, desloque o *laser* de forma que forme um ângulo de  $30^\circ$  com a normal (para medir o ângulo, desloque o transferidor). O simulador mostra o esquema do raio incidente e do raio refratado, a partir disso calcule o valor aproximado do índice de refração do segundo meio. Demonstre o seu cálculo.

---



---



---

**QUESTÃO 2:** Seguindo o mesmo procedimento da questão anterior, mas agora colocando um ângulo de  $45^\circ$  com a normal, qual o valor do ângulo refratado? O ângulo refratado foi maior ou menor que o ângulo refratado da questão anterior? Por quê?

---



---



---

**QUESTÃO 3:** Escolhendo a opção do material do primeiro meio como vidro e o segundo meio sendo a água e com um ângulo de incidência de  $60^\circ$ , qual o valor do ângulo refratado? Mostre o seu cálculo. O ângulo refratado foi maior ou menor que o ângulo de incidência? Explique.

---

---

---

**QUESTÃO 4:** Na questão anterior, o raio refratado apresenta uma frequência maior ou menor que o raio incidente? Explique. E a sua velocidade aumentou ou diminuiu ao “entrar” na água? Justifique.

---

---

**QUESTÃO 5:** Ainda utilizando um ângulo de  $60^\circ$ , marque a opção “Mistério B” para o primeiro meio e vidro para o segundo meio. Calcule o valor aproximado do índice de refração.

---

---

---

**QUESTÃO 6:** Agora, colocando a opção do primeiro meio como “Mistério A” e a opção do segundo meio como vidro e o ângulo de incidência com a normal de  $30^\circ$ , qual o valor do ângulo refratado? Calcule o valor aproximado do índice de refração do primeiro meio.

---

---

---

**QUESTÃO 7:** Usando o esquema da questão anterior, mude o ângulo de incidência para  $39^\circ$ , responda:

- Descreva o que ocorre.
- Como você explica o ocorrido?
- Qual o valor do ângulo refratado?

Caso a escola não tenha acesso a internet ou no dia a internet não esteja funcionando, o professor poderá exibir os *prints* abaixo para responder as questões:

### QUESTÃO 1:

The screenshot shows a simulation interface for measuring the refractive index of a material. A central yellow circular protractor is positioned at the interface between air (top) and a material (bottom). A red laser beam is directed at the center of the protractor from the air side. The interface includes several control panels:

- Top-left: Radio buttons for "Raio" (selected) and "Onda".
- Top-right: A panel with "Material" set to "Ar", "Índice de Refração (n)" set to 1.00, and a slider for material selection (Ar, Água, Vidro).
- Bottom-right: A panel with "Material" set to "Mistério B" and the text "O que é n?".
- Bottom-left: A panel with a "Normal" checkbox checked and a "Intensidade" slider.
- Bottom-right: A circular refresh button.

### QUESTÃO 2:

This screenshot is identical to the one for Question 1, showing the same simulation interface with a red laser beam at the center of the protractor. The controls and layout are the same, including the "Raio" selection, the refractive index control (1.00), the "Mistério B" material selection, and the "Normal" checkbox.

### QUESTÃO 3 e 4:

Raio  
 Onda

Material: Vidro  
 Índice de Refração (n): 1.50  
 Ar    Água    Vidro

Material: Água  
 Índice de Refração (n): 1.33  
 Ar    Água    Vidro

Normal

### QUESTÃO 5:

Raio  
 Onda

Material: Mistério B  
 O que é n?

Material: Vidro  
 Índice de Refração (n): 1.50  
 Ar    Água    Vidro

Normal

### QUESTÃO 6:

☑ Ralo  
○ Onda

Material: Mistério A  
O que é n?

Material: Vidro  
Índice de Refração (n): 1.50  
Ar — Água — Vidro

☑ Normal

↻

**QUESTÃO 7:**

☑ Ralo  
○ Onda

Material: Mistério A  
O que é n?

Material: Vidro  
Índice de Refração (n): 1.50  
Ar — Água — Vidro

☑ Normal

↻

## Atividade experimental

Neste experimento queremos observar o que ocorre quando um raio de luz que se propaga em um meio uniforme encontra um meio diferente.

Quanto menos iluminada a sala onde você está trabalhando, melhor.

MATERIAIS:

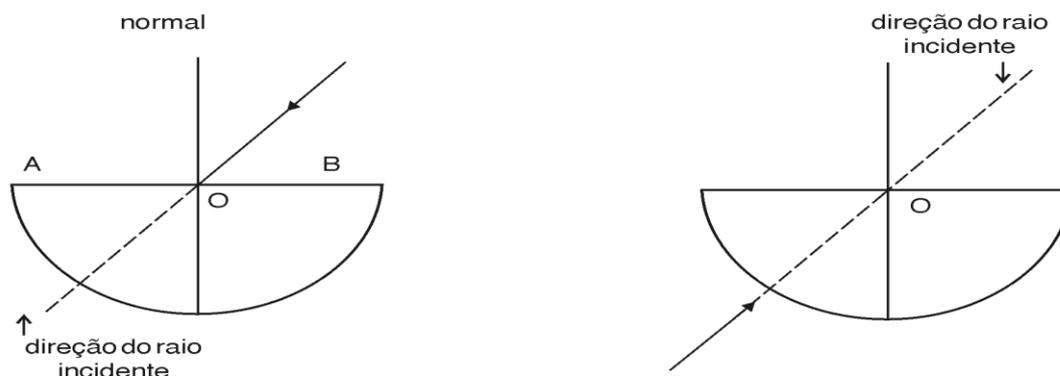
- Lente semicircular ou algum material de acrílico;
- Transferidor ou disco graduado;
- Calculadora ou tabela de seno;
- Papel milimetrado;
- Folha de isopor (para dar mais resistência).

PROCEDIMENTOS:

A lente semicircular deve ser colocada sobre a folha de papel milimetrado, deitada sobre o papel de forma que seu diâmetro coincida com uma das linhas do papel. Desenhe, com um lápis, o contorno da lente e marque o centro  $O$  da lente.

Vamos denominar:

- **ângulo de incidência**  $\theta_i$ : o ângulo definido pelas direções do raio incidente e da normal;
- **ângulo de reflexão**  $\theta_1'$ : o ângulo definido pelas direções do raio refletido e da normal;
- **ângulo de refração**  $\theta_2$ : o ângulo definido pelas direções do raio refratado e da normal.

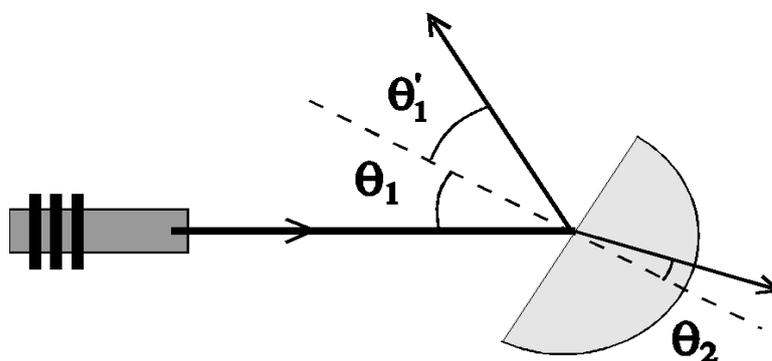


Fonte<sup>19</sup>:

<sup>19</sup> Disponível em: <http://darnassus.if.ufrj.br/~marta/introd-fis/unidade1-05-experimentos.pdf>

Coloque a lente de acrílico sobre o disco graduado, de forma que a superfície plana coincida com o diâmetro do disco, e faça um feixe de luz paralela incidir sobre o centro desta superfície plana. Você observará os feixes incidentes, refletidos e refratados. Meça cinco ângulos de incidência  $\theta_1$  ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $90^\circ$ ), com o raio incidente à direita da normal à superfície no ponto de incidência. Para cada  $\theta_1$  escolhido meça os correspondentes ângulos de reflexão  $\theta_1'$  e de refração  $\theta_2$ .

a) Faça o laser incidir sobre o centro da lente de acrílico (ponto  $O$ ), de forma que a direção do raio luminoso seja uma das direções que você traçou sobre o papel.



Fonte<sup>20</sup>:

b) Para marcar as direções dos raios (incidente, refletido e refratado), use alfinetes. Coloque um no centro da lente, outro sobre um dos pontos da reta que define o raio incidente, um terceiro sobre um dos pontos da reta que define o raio refletido e um último para marcar a reta que define o raio refratado

c) Desenhe os raios refletidos e refratados.

**QUESTÃO 1:** Repita o procedimento para os quatro ângulos de incidência indicados e preencha a tabela abaixo:

$\theta_1$	$\theta_1'$	$\theta_2$	$n = \text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2$
$30^\circ$			
$45^\circ$			
$60^\circ$			
$90^\circ$			
$0^\circ$			

<sup>20</sup> Disponível em: <http://darnassus.if.ufrj.br/~marta/introd-fis/unidade1-05-experimentos.pdf>

**QUESTÃO 2:** Qual a relação entre  $\theta_1$  e  $\theta_1'$ ?

---

---

---

**QUESTÃO 3:** Nesse caso, ao se refratar na superfície plana  $AB$  o raio se aproxima ou se afasta da normal? Explique.

---

---

---

**QUESTÃO 4:** O que aconteceu quando o ângulo foi de  $90^\circ$ ?

---

---

---

**QUESTÃO 5:** Faça a luz incidir na superfície  $AB$  em um ponto fora do centro  $O$ . Compare essa observação com a situação em que a incidência ocorre sobre o centro. Você poderia explicar por que o centro da lente foi escolhido para se realizar o experimento?

---

---

---

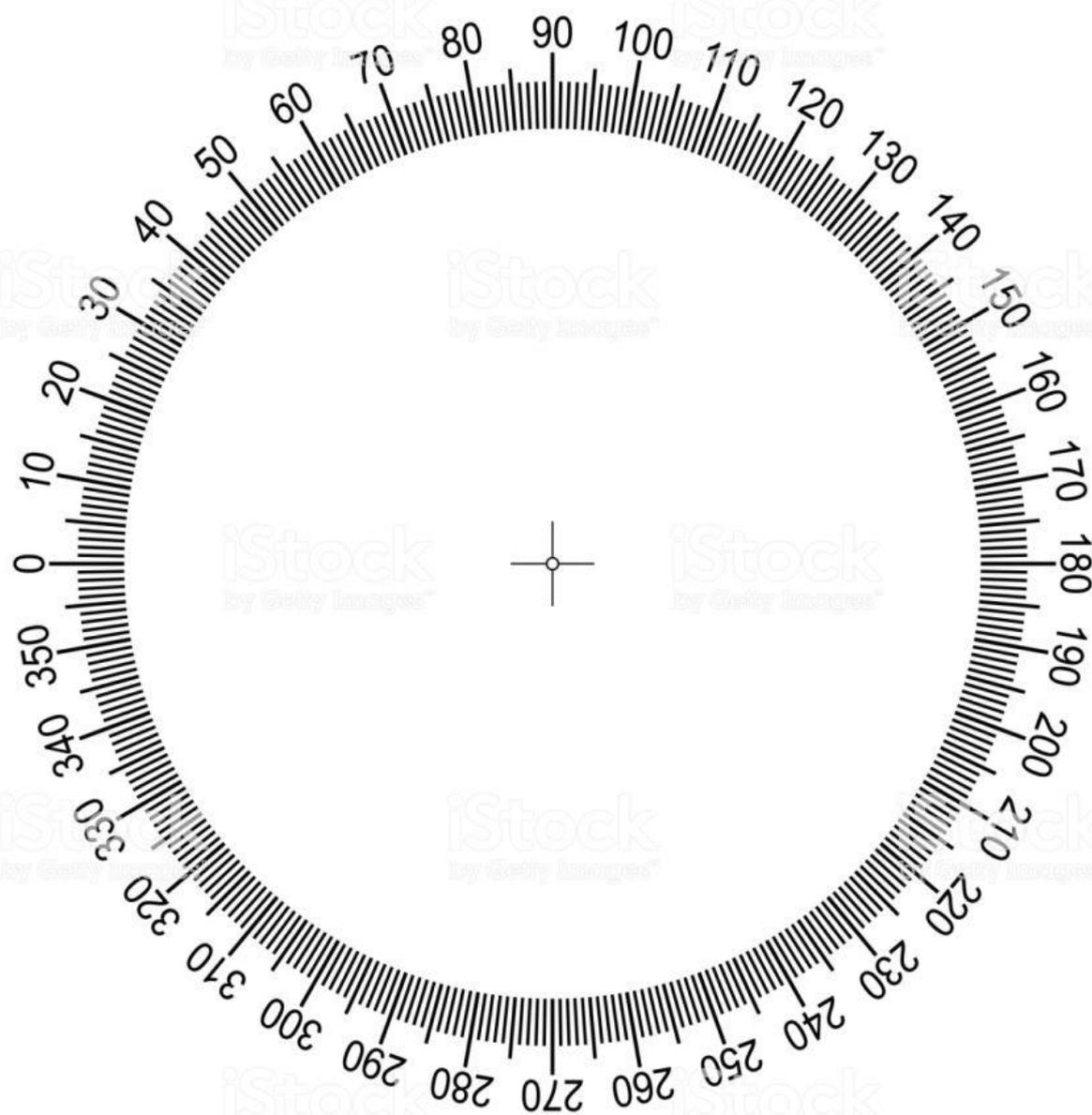
**QUESTÃO 6:** A fonte de luz utilizada nesse experimento foi um laser. Como é formada a luz no laser?

---

---

---

## TRANSFERIDOR



Fonte<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/vetor/transferidor-circular-grade-do-transferidor-para-medir-graus-medidor-de-%C3%A2ngulo-de-gm954805508-260695846>

## TABELA DE SENO

ângulo	sen.	ângulo	sen.
0	0,000	45	0,707
1	0,017	46	0,719
2	0,035	47	0,731
3	0,052	48	0,743
4	0,070	49	0,755
5	0,087	50	0,766
6	0,105	51	0,777
7	0,122	52	0,788
8	0,139	53	0,799
9	0,156	54	0,809
10	0,174	55	0,819
11	0,191	56	0,829
12	0,208	57	0,839
13	0,225	58	0,848
14	0,242	59	0,857
15	0,259	60	0,866
16	0,276	61	0,875
17	0,292	62	0,883
18	0,309	63	0,891
19	0,326	64	0,899
20	0,342	65	0,906
21	0,358	66	0,914
22	0,375	67	0,921
23	0,391	68	0,927
24	0,407	69	0,934
25	0,423	70	0,940
26	0,438	71	0,946
27	0,454	72	0,951
28	0,469	73	0,956
29	0,485	74	0,961
30	0,500	75	0,966
31	0,515	76	0,970
32	0,530	77	0,974
33	0,545	78	0,978
34	0,559	79	0,982
35	0,574	80	0,985
36	0,588	81	0,988
37	0,602	82	0,990
38	0,616	83	0,993
39	0,629	84	0,995
40	0,643	85	0,996
41	0,656	86	0,998
42	0,669	87	0,999
43	0,682	88	0,999
44	0,695	89	1,000
45	0,707	90	1,000

Fonte<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Adaptado de: [coral.ufsm.br/labimec/biomecanica/tabela\\_trigonometrica.doc](http://coral.ufsm.br/labimec/biomecanica/tabela_trigonometrica.doc)

# 5

## AULA DIALOGADA/QUESTÕES

### OBJETIVO:

- Apresentar os conceitos de ângulo limite, dispersão cromática e o comportamento ondulatório da luz.



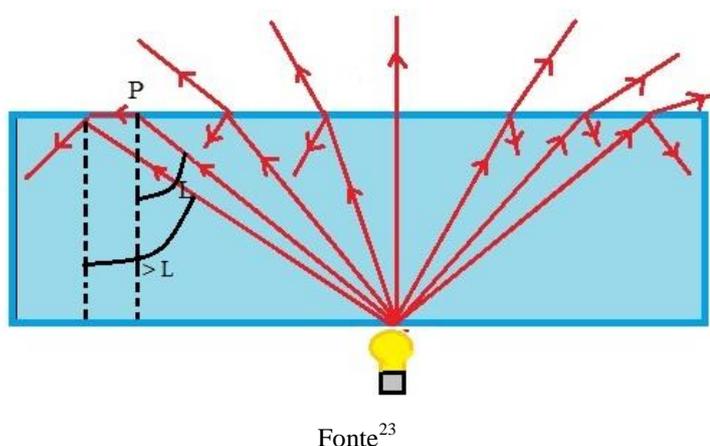
## QUINTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### AULA DIALOGADA/QUESTÕES

#### REFRAÇÃO DA LUZ

##### Ângulo Limite

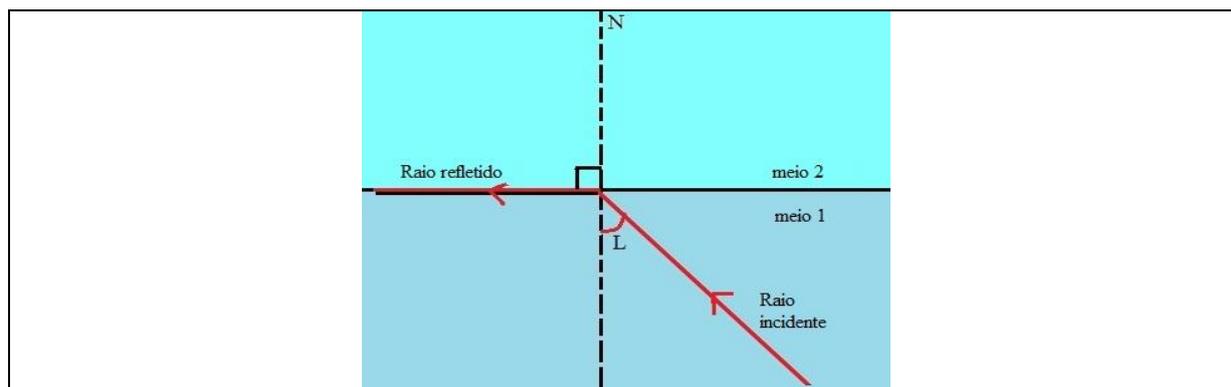
Nas últimas aulas, vimos que a refração é a passagem da luz de um meio para outro, onde ocorre mudança na velocidade de propagação do raio de luz, por isso, ocorrendo o desvio. A imagem abaixo mostra o que acontece quando a luz passa de um meio mais refringente para outro menos refringente como, por exemplo, a luz passando da água para o ar.



No esquema anterior verifica-se que os raios de luz que atravessam o aquário, nos pontos à esquerda do ponto P, têm uma parte refletida e outra refratada. Porém, quando o ângulo entre os raios de luz incidentes e a reta normal à superfície do aquário é igual a L não ocorre mais a refração e sim a reflexão total da luz. O ângulo L é chamado de ângulo limite, que é definido como o menor ângulo de incidência da luz em uma superfície de separação entre dois meios a partir dos quais ela é totalmente refletida.

Portanto, a reflexão total da luz ocorre apenas quando a luz passa de um meio mais refringente para outro menos refringente, ou seja,  $n_1 > n_2$ , e o ângulo de incidência  $i > L$ , como mostra o esquema:

<sup>23</sup> Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/reflexao-total-luz.htm>



Fonte<sup>24</sup>

Analisando a Lei de Snell e considerando  $i = L$  e  $r = 90^\circ$ , temos:

$$n_1 \cdot \text{sen } L = n_2 \cdot \text{sen } 90^\circ$$

Lembrando que  $\text{sen } 90^\circ = 1$ :

$$n_1 \cdot \text{sen } L = n_2 \cdot 1$$

$$\text{sen } L = n_2/n_1$$

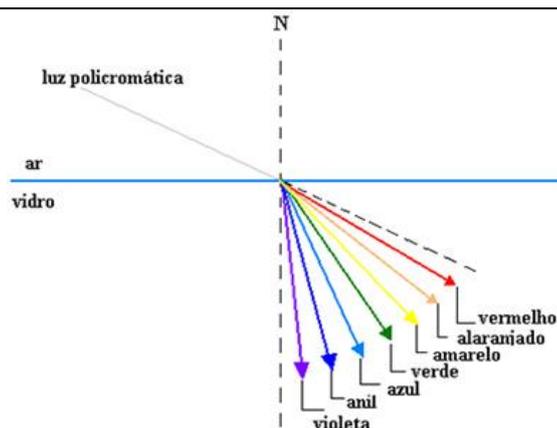
### Exemplo: asfalto molhado/miragem

Uma consequência da reflexão total é a impressão que temos de que a superfície do asfalto está molhada em dias muito quentes, caracterizando uma miragem, como o exemplo presente no questionário inicial da primeira atividade investigativa. A luz atravessa várias camadas de ar com temperaturas diferentes, portanto, densidades diferentes e, conseqüentemente, índices de refração distintos. O ar mais próximo do asfalto é mais quente e, acima dele, o ar apresenta uma temperatura um pouco menor. Os raios de luz atravessam a camada mais fria e com maior índice de refração e depois incidem na camada de ar mais quente. Conforme o ângulo de visão do observador, a luz refletirá na superfície de separação entre essas duas camadas a imagem do céu, dando a ilusão de que o asfalto está molhado.

### Dispersão da luz

A luz solar é policromática, pois é composta por diversas cores, caracterizando o espectro da luz. As cores que compõem a luz branca não possuem o mesmo comportamento de desvio. A componente que menos sofre desvio é a violeta, em seguida são as cores anil, azul, verde, amarela, alaranjada e vermelha, conforme mostra o esquema a seguir.

<sup>24</sup> Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/reflexao-total-luz.htm>



Fonte<sup>25</sup>

O fenômeno no qual uma luz policromática, ao se refratar, decompõe-se nas cores componentes é denominado dispersão da luz e ocorre por causa do índice de refração de qualquer meio material depender da cor da luz incidente. Analisando o quadro abaixo, percebe-se que a frequência ( $f$ ) e o comprimento de onda ( $\lambda$ ) são inversamente proporcionais e o produto entre eles corresponde a velocidade da luz:

$$v = \lambda \cdot f$$

Luz	Comprimento de onda ( $10^{-7}$ m)	Frequência ( $10^{14}$ Hz)
Violeta	4,0 a 4,5	6,7 a 7,5
Anil	4,5 a 5,0	6,0 a 6,7
Azul	5,0 a 5,3	5,7 a 6,0
Verde	5,3 a 5,7	5,3 a 5,7
Amarela	5,7 a 5,9	5,0 a 5,3
Alaranjada	5,9 a 6,2	4,8 a 5,0
Vermelha	6,2 a 7,5	4,0 a 4,8

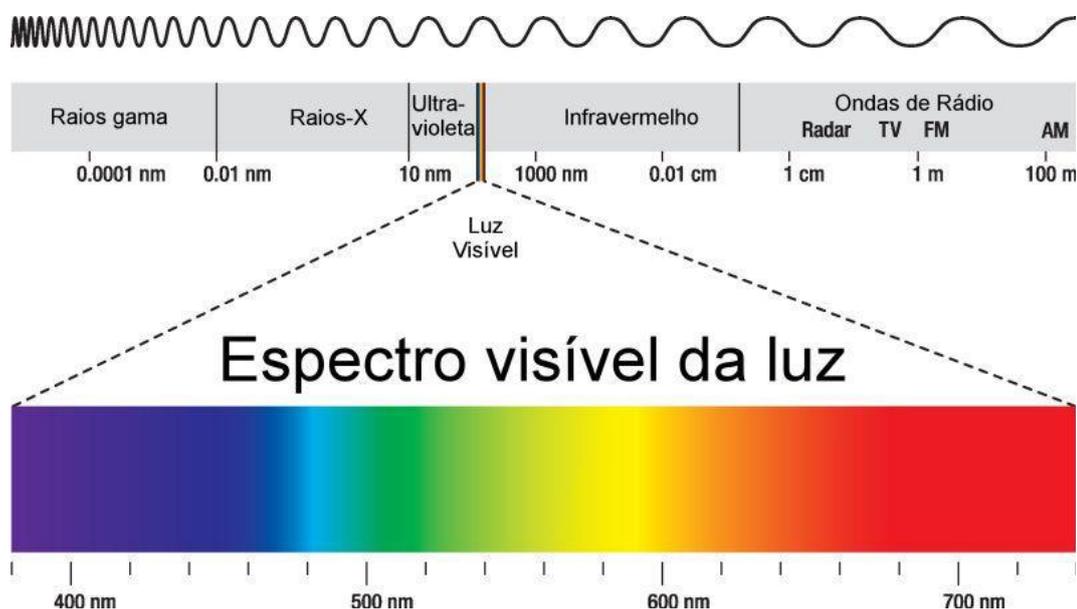
Fonte<sup>26</sup>

A luz é uma oscilação e se propaga no vácuo com uma certa variação no tempo (frequência). Podemos associá-la como um exemplo para o som, sem caracterizar muitos detalhes o som é uma vibração mecânica do ar, onde frequências diferentes caracterizariam

<sup>25</sup> Disponível em: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/dispersao-luz.html>

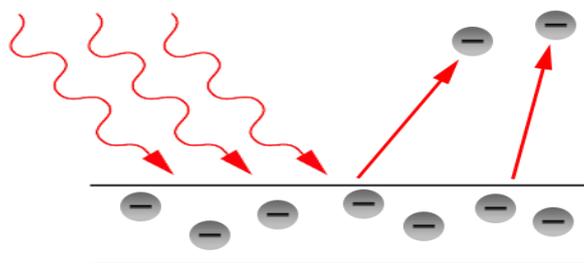
<sup>26</sup> Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Claudia/Html/figuras/espectrodaluzvisivel.gif>

sons graves e agudos. Assim como o som, as frequências determinam as cores para a luz, para uma determinada faixa de frequências podemos observar as cores, e essa faixa de cores é chamada de **espectro de luz visível**.



Fonte: infoescola.com

Podemos dizer então que para cada cor temos uma determinada frequência e comprimento de onda que a distingue das demais, temos por exemplo: a luz vermelha que é uma luz de menor frequência e conseqüentemente menor energia, já o violeta é uma luz de maior frequência e nos submete a maior energia. Um exemplo muito próximo de nós que mostra a “força”, ou melhor, a energia das frequências de luz, é o **efeito fotoelétrico**, que está presente nos shoppings ou estabelecimentos, onde a porta abre sozinha quando nos aproximamos.



Fonte<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Disponível em: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric\\_effect.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric_effect.png)

Nesse processo ocorre a emissão de elétrons de um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta, que depende do material, como por exemplo, a radiação ultravioleta. O controle remoto, por exemplo, emite um feixe de luz de determinada frequência que aciona o dispositivo fotossensível presente nos aparelhos controlados por ele.

Outro fenômeno que pode ser explicado a partir da dispersão é as cores do céu. O céu se apresenta na cor azul, mas no entardecer passa a ter coloração avermelhada. Acontece que as moléculas do ar, quando atingidas pela luz solar, espalham com grande intensidade as cores azul e violeta, no entanto, o olho humano é pouco sensível a cor violeta. Quando chega à tarde, a Terra está mais inclinada e, dessa forma, os raios solares percorrem uma distância muito maior na atmosfera. Assim sendo, a luz azul e violeta, as quais são espalhadas com maior intensidade, não são percebidas pelos olhos do observador, mas as luzes vermelho e alaranjado sim, fazendo com que percebamos o céu na tonalidade vermelho alaranjado.

#### **Exemplo: arco-íris**

Um exemplo da dispersão da luz é a formação do arco-íris em dias chuvosos, devido à luz sofrer refração nas gotículas de água suspensas na atmosfera. Uma característica interessante é por que o arco-íris apresenta um formato de arco. Na realidade ele só é visível para um observador no solo se o ângulo entre a luz refratada e o ponto de observação for aproximadamente de  $42^\circ$ . Devido à curvatura da Terra, o observador percebe um arco de circunferência. Porém, a verdade é que o arco-íris possui formato circular, mas não é percebida por causa da curvatura do planeta.

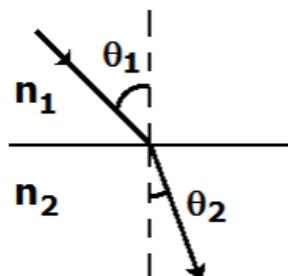
#### **Por que o céu é azul?**

Outra questão interessante é o motivo pelo qual o céu é azul e isso se deve ao espalhamento cromático. A intensidade do espalhamento é inversamente proporcional ao comprimento de onda. Como a luz azul apresenta um comprimento de onda muito pequeno, ela é mais espalhada e chega com maior intensidade aos nossos olhos. À medida que vai entardecendo, a luz azul é completamente espalhada a ponto de deixar nossa atmosfera e permitir o espalhamento da luz de tons avermelhados, devido o Sol ficar mais distante e as camadas de ar se tornarem mais espessas. Agora, no espaço o céu é negro, pois no vácuo, a luz não sofre espalhamento.

## QUESTÕES

**QUESTÃO 1:** (UFRGS) Um feixe de luz monocromática atravessa a interface entre dois meios transparentes com índices de refração  $n_1$  e  $n_2$ , respectivamente, conforme representa a figura abaixo. Com base na figura, é correto afirmar que, ao passar do meio com  $n_1$  para o meio com  $n_2$ , a velocidade, a frequência e o comprimento de onda da onda, respectivamente,

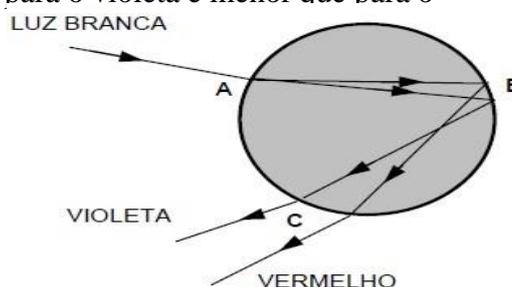
- a) permanece, aumenta e diminui.
- b) permanece, diminui e aumenta.
- c) aumenta, permanece e aumenta.
- d) diminui, permanece e diminui.
- e) diminui, diminui e permanece.



**QUESTÃO 2:** Descartes desenvolveu uma teoria para explicar a formação do arco-íris com base nos conceitos da óptica geométrica. Ele supôs uma gota de água com forma esférica e a incidência de luz branca conforme mostrado de modo simplificado na figura ao lado. O raio incidente sofre refração ao entrar na gota (ponto A) e apresenta uma decomposição de cores. Em seguida, esses raios sofrem reflexão interna dentro da gota (região B) e saem para o ar após passar por uma segunda refração (região C). Posteriormente, com a experiência de Newton com prismas, foi possível explicar corretamente a decomposição das cores da luz branca. A figura não está desenhada em escala e, por simplicidade, estão representados apenas os raios violeta e vermelho, mas deve-se considerar que entre eles estão os raios das outras cores do espectro visível.

Sobre esse assunto, avalie as seguintes afirmativas:

4. O fenômeno da separação de cores quando a luz sofre refração ao passar de um meio para outro é chamado de dispersão.
5. Ao sofrer reflexão interna, cada raio apresenta ângulo de reflexão igual ao seu ângulo de incidência, ambos medidos em relação à reta normal no ponto de incidência.
6. Ao refratar na entrada da gota (ponto A na figura), o violeta apresenta menor desvio, significando que o índice de refração da água para o violeta é menor que para o vermelho.

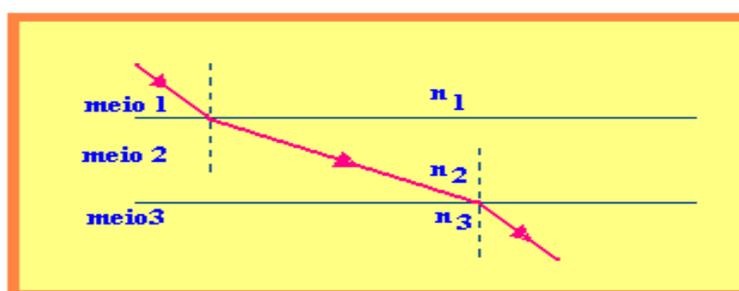


Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

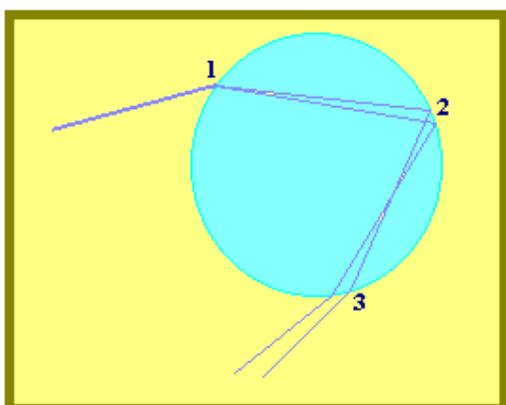
**QUESTÃO 3:** (UFF) Um raio de luz monocromática atravessa três meios ópticos de índices de refração absolutos  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$ , conforme a figura. Sendo paralelas as superfícies de separação do meio 2 com os outros dois meios, é correto afirmar que:

- a)  $n_1 > n_2 > n_3$
- b)  $n_1 > n_3 > n_2$
- c)  $n_2 > n_3 > n_1$
- d)  $n_2 > n_1 > n_3$
- e)  $n_3 > n_1 > n_2$



**QUESTÃO 4:** (VUNESP) A figura representa, esquematicamente, a trajetória de um feixe de luz branca atravessando uma gota de água. É dessa forma que se origina o arco-íris.

- a) Que fenômenos ópticos ocorrem nos pontos 1, 2 e 3?
- b) Em que ponto, ou pontos, a luz branca se decompõe, e por que isso ocorre?



# 6

## AULA DIALOGADA/QUESTÕES

### OBJETIVO:

- Apresentar os conceitos gerais sobre lentes e óptica da visão, como os aspectos geométricos, tipos de lentes, partes do olho e a relação das cores e a visão.



## SEXTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### AULA DIALOGADA/QUESTÕES

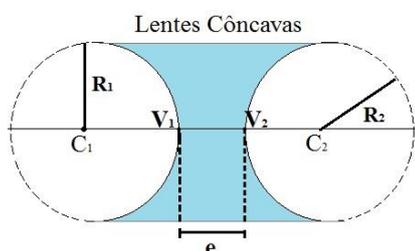
#### LENTEs

##### Lentes esféricas

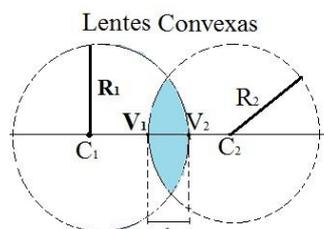
**Lente esférica** é o sistema óptico constituído de três meios homogêneos e transparentes, sendo que as fronteiras entre cada par sejam duas superfícies esféricas ou uma superfície esférica e uma superfície plana, denominadas faces da lente. Considere o segundo meio sendo a lente e o primeiro e terceiro meio iguais.

##### Elementos geométricos de uma lente esférica

- $C_1$  e  $C_2$ : centros de curvatura das faces esféricas;
- $R_1$  e  $R_2$ : raios de curvatura das faces esféricas;
- Eixo principal da lente: onde estão contidos  $C_1$  e  $V_1$ ;
- $e$ : espessura da lente;
- $V_1$  e  $V_2$ : vértices da lente.



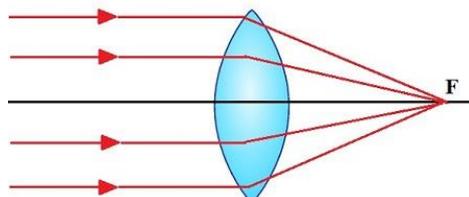
Fonte<sup>28</sup>



##### Tipos de lentes

Quanto ao comportamento de um feixe de luz, ao ser incidido sobre uma lente, podemos caracterizá-las como divergentes ou convergentes, dependendo principalmente dos índices de refração da lente e do meio.

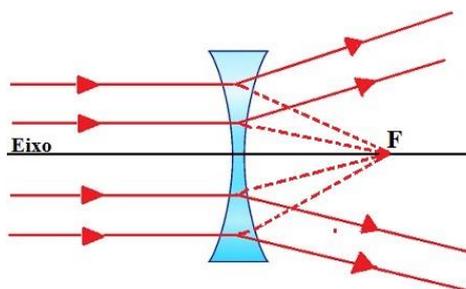
**Lentes Convergentes:** os raios refratados convergem para um só ponto.



<sup>28</sup> Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lentes-1.htm>

Fonte<sup>29</sup>

Lentes Divergentes: os raios refratados divergem como se partissem de um mesmo ponto virtual.

Fonte<sup>30</sup>

### Resumo dos tipos de lentes

Bordos finos	Bordos grossos
Biconvexa	Bicôncava
Plano-convexa	Plano-côncava
Côncavo-convexa	Convexo-côncava
O nome da lente termina com a palavra convexa.	O nome da lente termina com a palavra côncava.

Fonte<sup>31</sup>

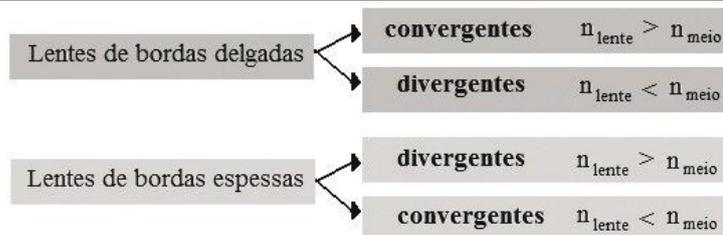
O comportamento divergente ou convergente de uma lente é resultado da combinação do meio em que a lente se encontra e o tipo de material em que ela é constituída. Se o material que constitui a lente for mais refrigente que o meio em que ela se encontra, a lente de bordas finas comporta-se como convergente e a de bordas espessas, como divergente. No entanto, quando o meio externo é mais refrigente que o material da lente, ocorre o inverso: as lentes de bordas finas comportam-se como divergentes e as de bordas espessas como convergentes.

Resumindo:

<sup>29</sup> Disponível em: <https://s2.static.brasilecola.uol.com.br/img/2014/09/lente%20convergente.jpg>

<sup>30</sup> Disponível em: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/img/2014/09/lente%20divergente.jpg>

<sup>31</sup> Disponível em: <https://interna.coceducacao.com.br/ebook/content/pictures/2002-21-123-13-i001.jpg>



Fonte<sup>32</sup>

### Focos de uma lente

Uma lente possui um par de focos principais: foco principal objeto (**F**) e foco principal imagem (**F'**). Ambos se localizam sobre o eixo principal e são simétricos, podendo ser real ou virtual. Distância focal ( $f$ ) é a distância entre um dos focos principais e o centro óptico. Quando a lente é convergente usa-se distância focal positiva ( $f > 0$ ) e para uma lente divergente se usa distância focal negativa ( $f < 0$ ). O dobro da distância focal do centro óptico é denominado pontos antiprincipais. Vergência (**V**) é a unidade caracterizada como o inverso da distância focal, ou seja:

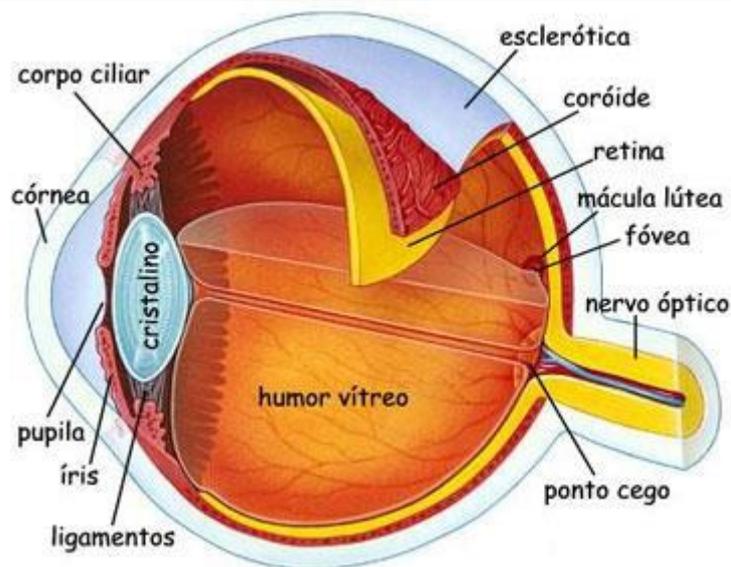
$$V = \frac{1}{f}$$

A unidade utilizada para caracterizar a vergência no Sistema Internacional de Medidas é a dioptria (di) que equivale ao inverso do metro. A dioptria equivale à medida de “grau” utilizada por quem usa óculos.

### O nosso olho é uma lente?

Todo o conjunto que compõe a visão humana é chamado globo ocular. A luz incide na córnea e converge até a retina, formando as imagens.

<sup>32</sup> Disponível em: [https://blogdoenem.com.br/apostilas/MDIII\\_Fisica\\_williann-web-resources/image/figura\\_38\\_opt.jpeg](https://blogdoenem.com.br/apostilas/MDIII_Fisica_williann-web-resources/image/figura_38_opt.jpeg)

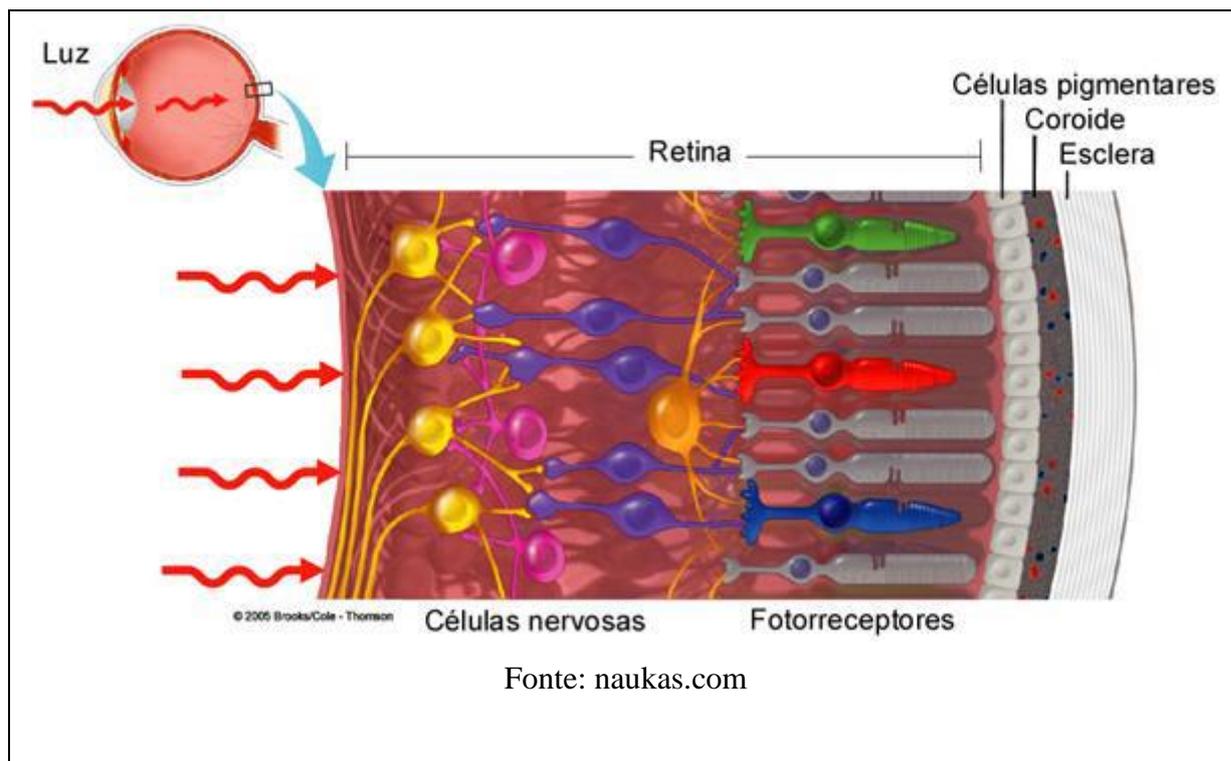


Fonte: explicatorium.com

Consideramos o olho como uma lente convergente. Em ambientes com grande luminosidade, a pupila pode atingir um diâmetro de até 1,5mm, fazendo com que entre menos luz no globo ocular, protegendo a retina de um possível ofuscamento. Já em ambientes mais escuros, a pupila se dilata, atingindo diâmetro de até 10 mm.

### Como enxergamos as cores?

A retina apresenta função de receber e transmitir imagens para o cérebro e, para isso, as células que lhe ajudam são os bastonetes e os cones. Há cerca de 125 milhões de bastonetes e cones dentro da retina. Os bastonetes são os mais numerosos (proporção de 18 para 1) e funcionam mesmo com pouca luz (conseguem detectar um único fóton), criando imagens em preto e branco na penumbra. Mas quando há bastante luz (por exemplo, a luz do dia ou luz artificial numa sala), são os cones que entram em ação e nos dão a capacidade de ver cores e detalhes de objetos. Cada tipo de cone percebe uma frequência luminosa diferente. Nós, seres humanos, possuímos três tipos diferentes de cones que respondem a três frequências diferentes: luz azul, luz verde e luz vermelha. Possuímos até seis milhões de cones na nossa retina. As informações recebidas pelos bastonetes e cones são transmitidas, interpretam as mensagens enviadas e reenviam essas informações para o cérebro pelo nervo óptico.



## Você sabia?

Uma pomba percebe mais cores do que um humano, pois apresenta cinco tipos diferentes de cones. A borboleta possui quatro tipos diferentes de cones. Uma determinada espécie de camarão tem pelo menos doze classes de células sensíveis à cor e provavelmente é o animal que mais cores percebe. Agora os cachorros, têm apenas dois tipos de cones e por isso sua visão é dicromática. Nos cães, estão presentes os cones das seguintes cores: violeta (que para nós é o azul) e o, amarelo esverdeado (que para nós é o vermelho).

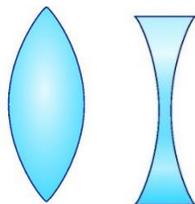


Fonte<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Disponível em: <https://www.farejadordecaes.com.br/wp-content/uploads/cores-que-os-caes-enxergam.jpg>

## QUESTÕES

**QUESTÃO 1:** Na figura, as lentes são de vidro especial cujo índice de refração absoluto é de 2.



a) Qual o comportamento de cada lente ao ser colocado no vácuo?

---



---



---

b) Indique o comportamento de cada uma ao ser colocada num líquido de índice de refração absoluto de 2,2?

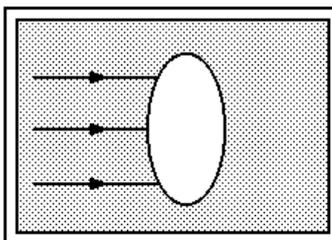
---



---

**QUESTÃO 2:** (Unaerp) Uma bolha de ar imersa em vidro apresenta o formato da figura. Quando três raios de luz, paralelos a atingem, observa-se que seu comportamento óptico é de uma:

- a) lente convergente.
- b) lente divergente.
- c) lâmina de faces paralelas.
- d) espelho plano.
- e) espelho convexo.



**QUESTÃO 3:** (PUC-MG) A lente da historinha do Bidu pode ser representada por quais das lentes cujos perfis são mostrados a seguir?

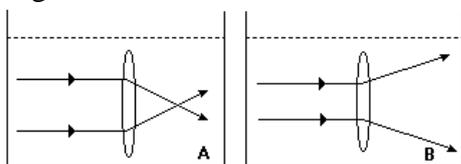


Criação de Maurício de Souza



- a) 1 ou 3    b) 2 ou 4    c) 1 ou 2    d) 3 ou 4    e) 2 ou 3

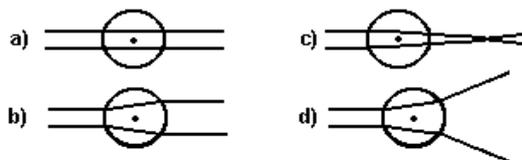
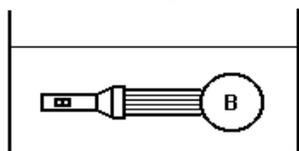
**QUESTÃO 4:** (Cesgranrio) Uma lente biconvexa é imersa dois líquidos A e B, comportando-se, ora como lente convergente, ora como lente divergente, conforme indicam as figuras a seguir.



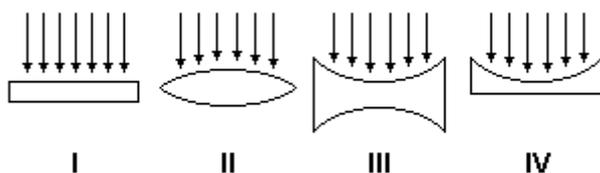
Sendo  $n_A$ ,  $n_B$  e  $n_C$ , os índices de refração do líquido A, do líquido B e da lente, respectivamente, então é correto afirmar que:

- a)  $n_A < n_B < n_C$       b)  $n_A < n_C < n_B$       c)  $n_B < n_A < n_C$       d)  $n_B < n_C < n_A$       e)  $n_C < n_B < n_A$

**QUESTÃO 5:** (UERJ) No interior de um tanque de água, uma bolha de ar (B) é iluminada por uma lanterna também imersa na água, conforme mostra a figura a seguir. A trajetória de dois raios luminosos paralelos que incidem na bolha, está melhor ilustrada em:



**QUESTÃO 6:** (UERJ) As figuras abaixo representam raios solares incidentes sobre quatro lentes distintas.



Deseja-se incendiar um pedaço de papel, concentrando a luz do sol sobre ele. A lente que seria mais efetiva para essa finalidade é a de número:

- a) I      b) II      c) III      d) IV

**QUESTÃO 7:** (UFRRJ) É sabido que lentes descartáveis ou lentes usadas nos óculos tradicionais servem para corrigir dificuldades na formação de imagens no globo ocular e que desviam a trajetória inicial do feixe de luz incidente na direção da retina. Sendo assim, o fenômeno físico que está envolvido quando a luz atravessa as lentes é a

- a) reflexão especular.  
b) difração luminosa.  
c) dispersão.  
d) refração luminosa.

# 7

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### OBJETIVO:

- Compreender a formação de imagens em lentes esféricas através de uma atividade experimental.



## SÉTIMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### LABORATÓRIO

### LENTE ESFÉRICAS

#### I- Objetivos

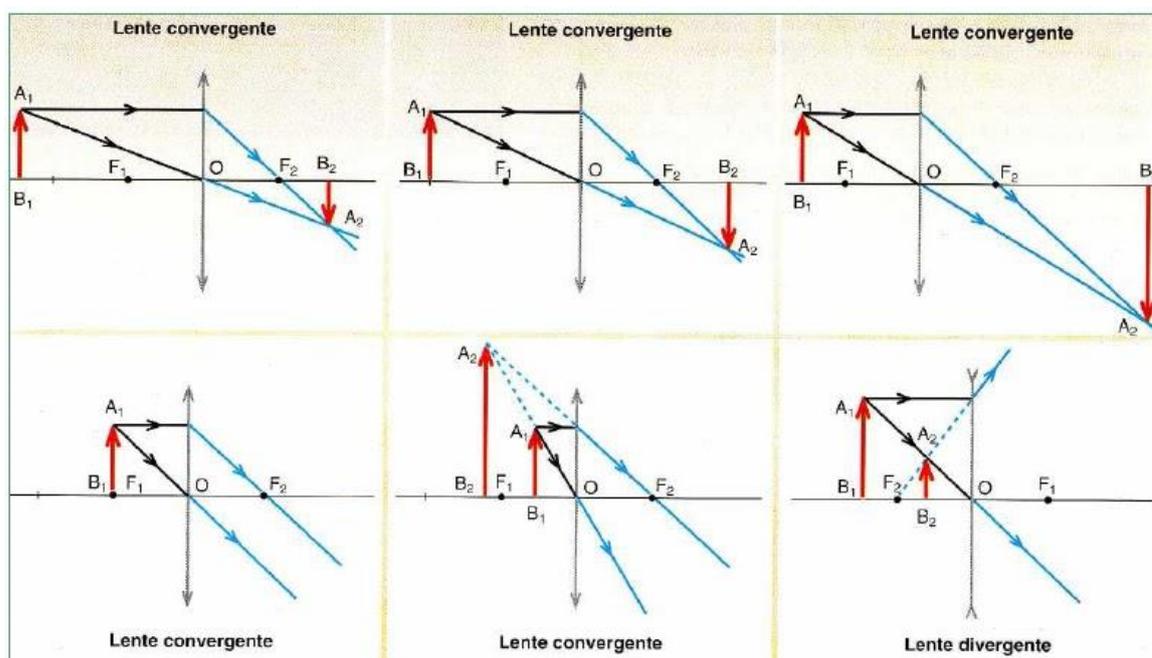
- Estudo da formação de imagens em lentes esféricas;
- Verificação da validade experimental da Lei de Gauss;
- Construir os esquemas experimentais relativos à formação de imagens em lentes esféricas.

#### II- Material

- Suportes
- Lentes esféricas bi-convexas e bi-côncavas ( $f = 100$  cm)
- vela/fósforo
- anteparo

#### III- Quadro teórico

Em seguida encontram-se esquemas da formação de imagens  $A'$  para diversos posicionamentos do objeto  $A$  junto a uma lente bi-convexa e bi-côncava: distante, no centro de curvatura, entre o centro de curvatura e o foco, no foco, entre o foco e o vértice.



Fonte<sup>34</sup>

<sup>34</sup>[https://www.google.com.br/search?tbm=isch&sa=1&ei=65TKW4fEH4aVwgS9vJ64CQ&q=imagens+lentes+convergente&oq=imagens+lentes+convergente&gs\\_l=img..0j0i5i30k1j0i8i30k112.340452.344298.0.344607.12.12.0.0.0.160.1526.0j12.12.0....0...1c.1.64.img..0.12.1522...0i30k1.0.EyUL-Z4ITQk#imgdii=JV\\_\\_YtZwgSOMbM:&imgrc=jT8x\\_JI1Eb4-SM:](https://www.google.com.br/search?tbm=isch&sa=1&ei=65TKW4fEH4aVwgS9vJ64CQ&q=imagens+lentes+convergente&oq=imagens+lentes+convergente&gs_l=img..0j0i5i30k1j0i8i30k112.340452.344298.0.344607.12.12.0.0.0.160.1526.0j12.12.0....0...1c.1.64.img..0.12.1522...0i30k1.0.EyUL-Z4ITQk#imgdii=JV__YtZwgSOMbM:&imgrc=jT8x_JI1Eb4-SM:)

#### IV- Procedimento Experimental

Procure reproduzir experimentalmente os esquemas teóricos apresentados no quadro anterior.

#### V- Questões

**QUESTÃO 1:** Reproduza em um papel milimetrado os desenhos correspondentes à formação de imagens de acordo com os experimentos realizados.

**QUESTÃO 2:** Quais casos correspondem à formação de uma imagem real?

---

---

---

**QUESTÃO 3:** Quais casos correspondem à formação de uma imagem virtual?

---

---

---

**QUESTÃO 4:** Em quais casos não há formação de imagem? Qual o nome dessa 'imagem'? Onde o objeto se localiza nesse caso?

---

---

---

**QUESTÃO 5:** Em qual situação o objeto e a imagem possuem o mesmo tamanho?

---

---

---



## AULA DIALOGADA/QUESTÕES

### **OBJETIVO:**

- Apresentar as equações das lentes, o estudo analítico e a convenção de sinais.
- Compreender os principais distúrbios de visão e como corrigi-los.

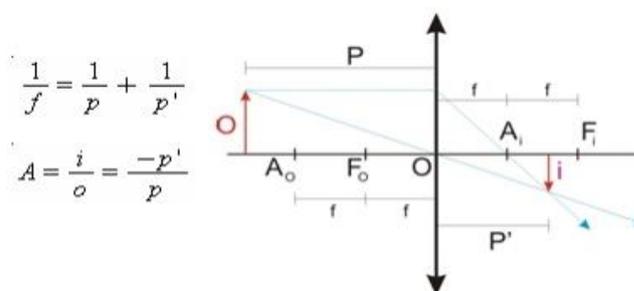


## OITAVA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### AULA DIALOGADA/QUESTÕES

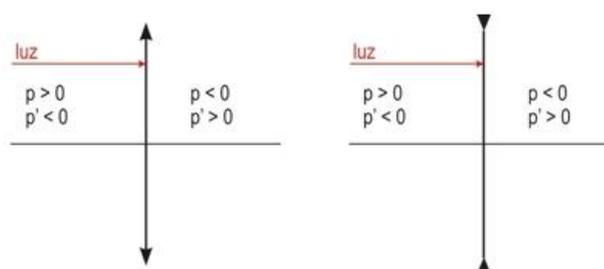
#### ESTUDO ANALÍTICO DAS LENTES

Para o estudo analítico das lentes, é comum utilizar o referencial de Gauss, que se refere a dois eixos distintos: um para abscissas do objeto ( $Ox$ ) e outro para abscissas da imagem ( $Ox'$ ). O eixo de ordenadas ( $Oy$ ) é perpendicular ao eixo principal e tem origem no centro óptico da lente.



Fonte<sup>35</sup>

#### 1.3 Convenção de sinais:



Fonte<sup>36</sup>

- $F > 0 \rightarrow$  lente convergente;
- $F < 0 \rightarrow$  lente divergente;
- $p > 0 \rightarrow$  objeto real;
- $p < 0 \rightarrow$  objeto virtual;
- $p' > 0 \rightarrow$  imagem real;
- $p' < 0 \rightarrow$  imagem virtual;
- $o > 0 \rightarrow$  objeto para cima;
- $o < 0 \rightarrow$  objeto para baixo;

<sup>35</sup> Disponível em: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/full-1-75d6e1dae4.jpg>

<sup>36</sup> Disponível em: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/full-1-980b2a0fd2.jpg>

$i > 0 \rightarrow$  imagem para cima;  
 $i < 0 \rightarrow$  imagem para baixo;  
 $A > 0 \rightarrow$  imagem direita em relação ao objeto;  
 $A < 0 \rightarrow$  imagem invertida em relação ao objeto.

Exemplos:

1. (ITASP - Adaptada) Um objeto tem altura  $h_o = 20$  cm e está situado a uma distância  $d_o = 30$  cm de uma lente. Esse objeto produz uma imagem virtual de altura  $h_i = 4,0$  cm. Qual a distância da imagem à lente, a distância focal e o tipo de lente?

Resolução

$$A = \frac{i}{o} \Rightarrow A = \frac{4}{20} \Rightarrow A = \frac{1}{5}$$

$$A = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{-p'}{30} \Rightarrow p' = -6 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{30} + \frac{1}{-6} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1-5}{30} \Rightarrow$$

$$f = -7,5 \text{ cm} \Rightarrow$$

A lente é divergente.

2- (UFES) Um objeto de altura  $AB = 10$  cm é colocado a uma distância de 20 cm de uma lente. Verifica-se a formação de uma imagem virtual do objeto, com altura  $A'B' = 5$  cm.

- Qual a distância da imagem à lente?
- Qual é a distância focal e o tipo da lente?

Resolução

$$\left. \begin{array}{l} i = 5 \text{ cm} \\ o = 10 \text{ cm} \end{array} \right\} A = \frac{i}{o} \Rightarrow A = \frac{5}{10} \Rightarrow A = \frac{1}{2}$$

$$A = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{-p'}{20} \Rightarrow p' = -10 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{20} + \frac{1}{-10}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1-2}{20} \Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{1}{20} \Rightarrow f = -20 \text{ cm}$$

A lente é divergente.

## **DISTÚRBIOS VISUAIS**

**Miopia:** O míope apresenta dificuldades de enxergar objetos distantes. A correção da miopia é feita com a utilização de lentes divergentes.

**Hipermetropia:** A pessoa com hipermetropia apresenta dificuldades de enxergar objetos próximos, pois a imagem é formada além da retina. A correção é possível usando uma lente convergente.

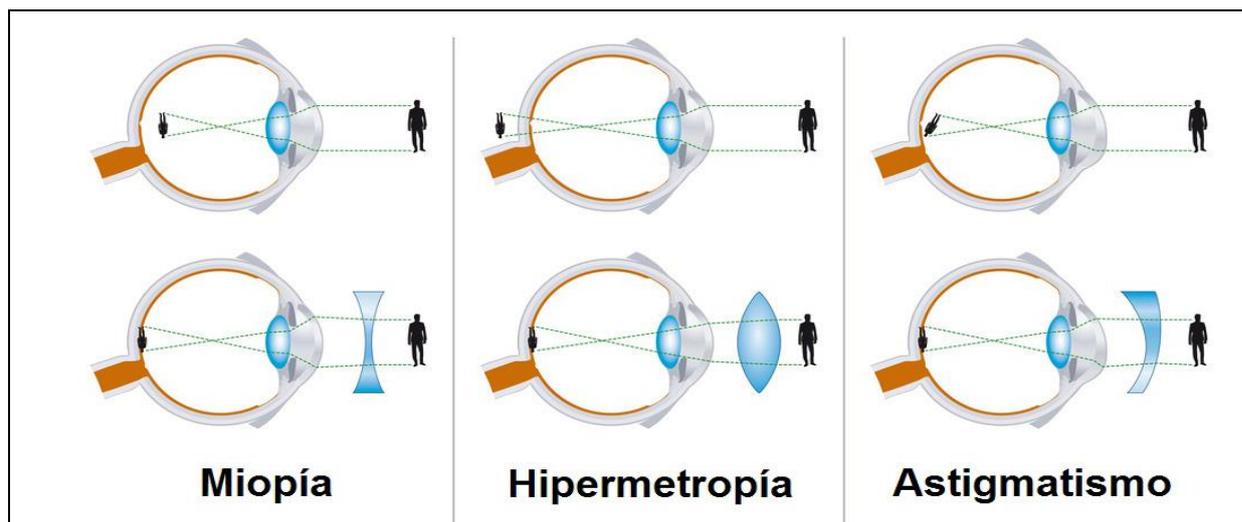
**Astigmatismo:** Consiste no fato de que as superfícies que compõem o globo ocular apresentam diferentes raios de curvatura. A correção é feita com a utilização de lentes cilíndricas.

**Presbiopia:** A presbiopia ocorre com o envelhecimento da pessoa, ocasionando o relaxamento dos músculos. A correção nesse caso se dá com a utilização de lentes bifocais.

**Estrabismo:** É uma anomalia que consiste no desvio do eixo óptico do globo ocular, a correção é feita com o uso de lentes prismáticas.

## **Você sabia?**

Quando um objeto é colocado à frente do olho, sua imagem será formada sobre um anteparo, a retina. A imagem formada na retina é invertida e extremamente reduzida, apresentando um diâmetro de 0,25 mm, porém o nosso cérebro consegue interpretar corretamente ao estímulo recebido.



Fonte<sup>37</sup>

### O que é o Daltonismo?

Daltonismo é conhecido também como discromatopsia ou discromopsia. Ele é considerado um distúrbio da visão que interfere na percepção das cores, principalmente a dificuldade para distinguir o vermelho e o verde e, com menos frequência, o azul e o amarelo. Em maior ou menor grau, essa é a única alteração visual que os daltônicos apresentam. Um grupo muito pequeno, porém, tem visão acromática, ou seja, só enxerga tons de branco, cinza e preto.

O daltonismo é um distúrbio causado por um gene recessivo localizado em uma determinada região do cromossomo sexual X. Ele é mais comum em homens, pois a mulher precisa herdar o cromossomo alterado tanto do pai quanto da mãe.

## QUESTÕES

**QUESTÃO 1:** (UNESP) Dispõe-se de uma tela, de um objeto e de uma lente convergente com distância focal de 12 cm. Pretende-se, com auxílio da lente, obter na tela uma imagem desse objeto cujo tamanho seja 4 vezes maior que o do objeto.

a) A que distância da lente deverá ficar da tela?

<sup>37</sup> Disponível em: <http://www.neovisao.com/wp-content/uploads/2017/01/1-miopia-hipermetropia-astigmatismo.jpg>

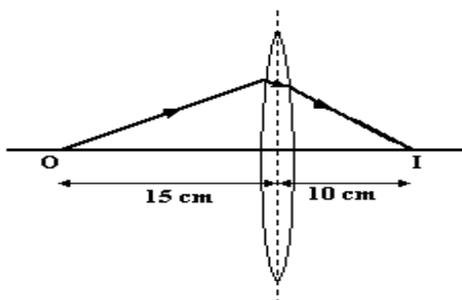
b) A que distância da lente deverá ficar do objeto?

**QUESTÃO 2:** (UNESP) Uma pessoa, com certa deficiência visual, utiliza óculos com lentes convergentes. Colocando-se um objeto de 0,6 cm de altura a 25,0 cm da lente, é obtida uma imagem a 100 cm da lente. Considerando que a imagem e o objeto estão localizados do mesmo lado da lente, calcule:

- a convergência da lente, em dioptrias.
- a altura da imagem do objeto, formada pela lente.

**QUESTÃO 3:** (UNESP) Uma lupa utilizada para leitura é confeccionada com uma lente delgada convergente, caracterizada por uma distância focal  $f$ . Um objeto é colocado a uma distância  $0,8 f$ , medida a partir da lente. Se uma letra de um texto tem altura 1,6 mm, determine o tamanho da letra observado pelo leitor.

**QUESTÃO 4:** (UNESP) Na figura, estão representados, esquematicamente, o perfil de uma lente esférica delgada, de vidro, imersa no ar, e a trajetória de um raio de luz que parte de um ponto O do eixo principal, atravessa a lente e passa novamente pelo eixo principal no ponto I.



- A lente da figura é convergente ou divergente? Justifique sua resposta.
- Admitindo-se válidas as condições de estigmatismo de Gauss, calcule a distância focal dessa lente.

**QUESTÃO 5:** Suponhamos que um objeto é colocado a 60 cm de uma lente esférica do tipo convergente. Tal lente possui distância focal igual a 20 cm. Calcule a distância da imagem à lente.

# 9

## SEMINÁRIO SOBRE INSTRUMENTOS ÓPTICOS

### **OBJETIVO:**

- Apresentar os instrumentos ópticos construídos pelos alunos;
- Compreender o funcionamento e a importância dos instrumentos ópticos.



## **NONA ATIVIDADE INVESTIGATIVA**

### **SEMINÁRIOS SOBRE INSTRUMENTOS ÓPTICOS**

Na primeira aula, por ocasião da primeira atividade investigativa, foi realizada a divisão de dois grupos, os quais deveriam construir instrumentos ópticos e explicar seu funcionamento como sendo a nona atividade investigativa:

EQUIPE 1: MICROSCÓPIO;

EQUIPE 2: LUNETAS.

Os roteiros de construção de cada instrumento são listados a seguir:

#### **EQUIPE 1: Microscópio caseiro com *webcam***

##### **MATERIAIS:**

- 1 *webcam*;
- Madeira ou papelão firme 15cm x 15cm;
- Papel Pluma/*Foam board* 20cm x 30cm;
- 1 Parafuso com porca compatível;
- Fita *Silver Tape*;
- Massa adesiva ou *Durepóxi*;
- Cola quente em bastão;
- Elásticos de dinheiro;
- Estilete;
- Tesoura;
- Chave de fenda pequena;
- Pistola de cola quente.

##### **PROCEDIMENTOS:**

Será necessário seguir os seguintes passos:

Pegue uma *webcam* que esteja em bom estado de funcionamento e com os *drivers* devidamente instalados no computador. É recomendável utilizar o modelo de *webcam* que permite ajuste manual do foco, pois consegue gerar imagens de maior qualidade.

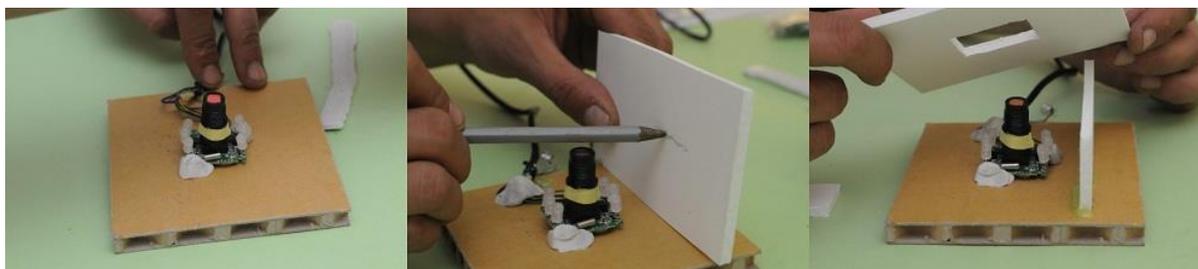
Agora é necessário desmontá-la com cuidado e com a câmera aberta, você irá retirar a parte óptica, libertando a lente, conforme mostra a imagem abaixo:



Fonte<sup>38</sup>

Em seguida, você irá inverter a lente, ou seja, a parte que antes ficava para fora da câmera, ficará apontada para dentro. Para prender nessa posição, utilize cola quente ou fita *silver tape*. Depois, teste para verificar se está tudo funcionando perfeitamente, conectando a *webcam* modificada ao computador. Aponte a câmera para a própria tela no dispositivo, bem próxima. O resultado será uma imagem ampliada da tela do computador.

No entanto, construir uma base firme para que o microscópio tenha estabilidade na hora de ampliar uma imagem. Para isso, você poderá utilizar um pedaço de aproximadamente 15 x 15 cm de madeira ou papelão grosso e utilizar a *durepóxi* para fixar a *webcam* modificada no centro da placa, ou também pode ser utilizado outro material:



Fonte<sup>39</sup>

Com o papel pluma, construa uma parede lateral e marque nela a altura da lente para depois realizar o corte. Use cola quente para fixar essa parede lateral. Com o restante de papel pluma, construa a parte de cima com uma abertura para a lente. Fixe tudo com cola quente.

<sup>38</sup> Disponível em: <https://imagens.canaltech.com.br/197900.418128-DIY-Micro-002.jpg>

<sup>39</sup> Disponível em: <https://imagens.canaltech.com.br/197906.418136-DIY-Micro-003.jpg>

Fonte<sup>40</sup>

Fixe, também com cola quente, a porca do parafuso na posição indicada na imagem anterior e encaixe o parafuso até que ele toque a plataforma inferior. Posicione também os elásticos para dar mais firmeza e estabilidade.

Caso seja necessário, você pode acoplar uma pequena lâmpada de LED ao microscópio para melhorar a iluminação e conseguir imagens mais detalhadas.

Fonte<sup>41</sup>

Para melhor compreensão na confecção do microscópio, assista ao vídeo disponível no *youtube*:

<https://www.youtube.com/watch?v=WufR6iwfQxY>

### **EQUIPE 2: Luneta caseira**

#### **MATERIAIS:**

- 1 tampa de garrafa *pet*;
- 1 cap de 50mm (ver figura em seguida);
- 1 disco de cartolina;

<sup>40</sup> Disponível em: <https://imagens.canaltech.com.br/197908.418142-DIY-Micro-004.jpg>

<sup>41</sup> Disponível em: <https://imagens.canaltech.com.br/197912.418148-DIY-Micro-005.jpg>

- Tubo PVC de 50mm (será necessário 12 cm do tubo) ;
- 2 cantoneiras;
- Fitas adesivas de feltro;
- Fita adesiva de dupla face;
- Conta-gotas;
- Luva PVC de 50mm;
- Tesoura;
- Lente de 2 graus;
- 40 cm de tubos PVC de 50mm e de 40mm;
- Lente ocular.

O resumo dos materiais está demonstrado na imagem abaixo:



Fonte<sup>42</sup>

#### PROCEDIMENTOS:

Será necessário seguir os seguintes passos:

Inicialmente, você irá colar o feltro com a fita adesiva em apenas uma das extremidades dos canos de 50 mm e 40 mm de diâmetro, colocando-os um dentro do outro para que os mesmos deslizem, como mostram na figura em seguida:

<sup>42</sup> Disponível em: <http://blogs.ibahia.com/a/blogs/estrelas/files/2014/06/Telesc%C3%B3pio-caseiro-material-necess%C3%A1rio.jpg>

Fonte<sup>43</sup>

Agora, coloque a lente objetiva na extremidade do cano de 50 mm, juntamente com o disco de cartolina, também de 50 mm e com um furo interno de 20 mm. Ajuste a lente com a luva de 50 mm no cano e proteja esta lente com o cap de 50 mm.

Fonte<sup>44</sup>

Agora, corte o conta-gotas ao meio, retire sua tampa e coloque a lente ocular. Enrosque a tampa por sobre a lente e corte o seu bico, deixando à mostra a lente, sem permitir que ela caia. Coloque o conta-gotas na abertura de 40 mm da luneta.

Fonte<sup>45</sup>

Para fazer o suporte que segura à luneta, basta fazer um corte longitudinal no tubo de 12 cm e um furo na parte anterior do suporte para ser colocado o parafuso e as cantoneiras. Acople o conjunto na garrafa *pet*, a qual servirá de sustento para a luneta. Enrosque a tampa

<sup>43</sup> Disponível em: <http://blogs.ibahia.com/a/blogs/estrelas/files/2014/06/telesc%C3%B3pio-passo-a-passo-1.jpg>

<sup>44</sup> Disponível em: <http://blogs.ibahia.com/a/blogs/estrelas/files/2014/06/telesc%C3%B3pio-passo-a-passo-2.jpg>

<sup>45</sup> Disponível em: <http://blogs.ibahia.com/a/blogs/estrelas/files/2014/06/telesc%C3%B3pio-passo-a-passo-3.jpg>

na garrafa *pet* com água e está pronto o Telescópio Caseiro.



Fonte<sup>46</sup>

### RESUMO SOBRE OS INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Há diversos instrumentos ópticos, dentre quais podemos citar: microscópio, telescópio, projetores, lupa, câmera fotográfica, óculos, lentes etc.

**Máquina fotográfica:** É um instrumento óptico que projeta e armazena uma imagem sobre um anteparo e funciona de forma semelhante ao olho humano. Possui um sistema de lentes, denominado objetiva, que se comporta como uma lente convergente e forma uma imagem real e invertida do material fotografado.

**Lupa:** É o instrumento constituído por uma lente convergente que produz uma imagem virtual e ampliada de um objeto.

**Microscópio Composto:** Utilizada para aumentar uma imagem com duas lentes convergentes: a objetiva e a ocular. As lentes têm a distância focal na ordem dos centímetros.

**Luneta astronômica:** Utilizada para ampliar uma imagem que está bem longe com as lentes convergentes objetiva e ocular. **Luneta terrestre:** Igual à luneta terrestre, a única diferença é a lente ocular que será divergente. Assim a imagem final será direita, e não invertida.

**Projetor de slides:** O projetor de slides tem funcionamento inverso ao da máquina fotográfica. A lente convergente conjuga, para um pequeno slide bem iluminado, uma imagem real, ampliada e projetada sobre um anteparo.

<sup>46</sup> Disponível em: <http://blogs.ibahia.com/a/blogs/estrelas/files/2014/06/telesc%C3%B3pio-passo-a-passo-4.1.jpg>

# 10

## AVALIAÇÃO/MAPAS CONCEITUAIS

### OBJETIVO:

- Confeccionar mapas conceituais sobre refração da luz e lentes esféricas;
- Realizar uma avaliação para verificar o conhecimento dos alunos sobre os assuntos abordados na sequência didática.



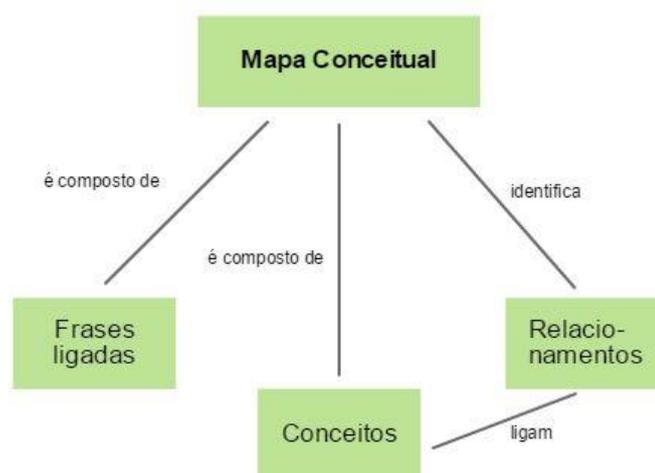
## DÉCIMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

### AVALIAÇÃO E MAPA CONCEITUAL

#### Atividade com mapa conceitual

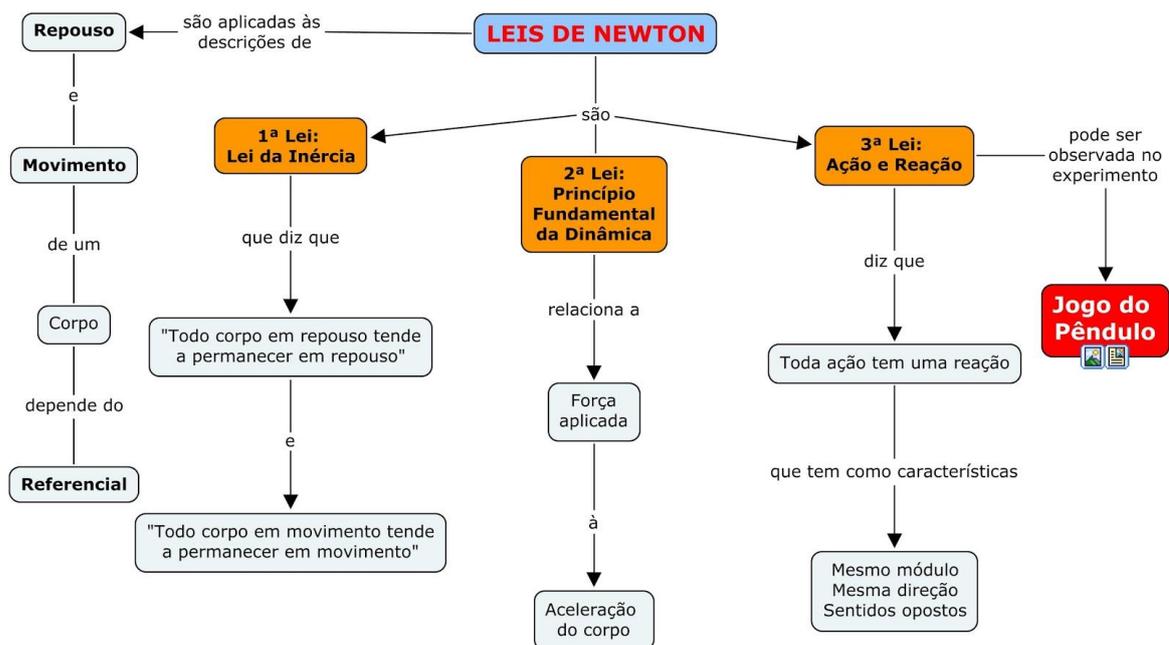
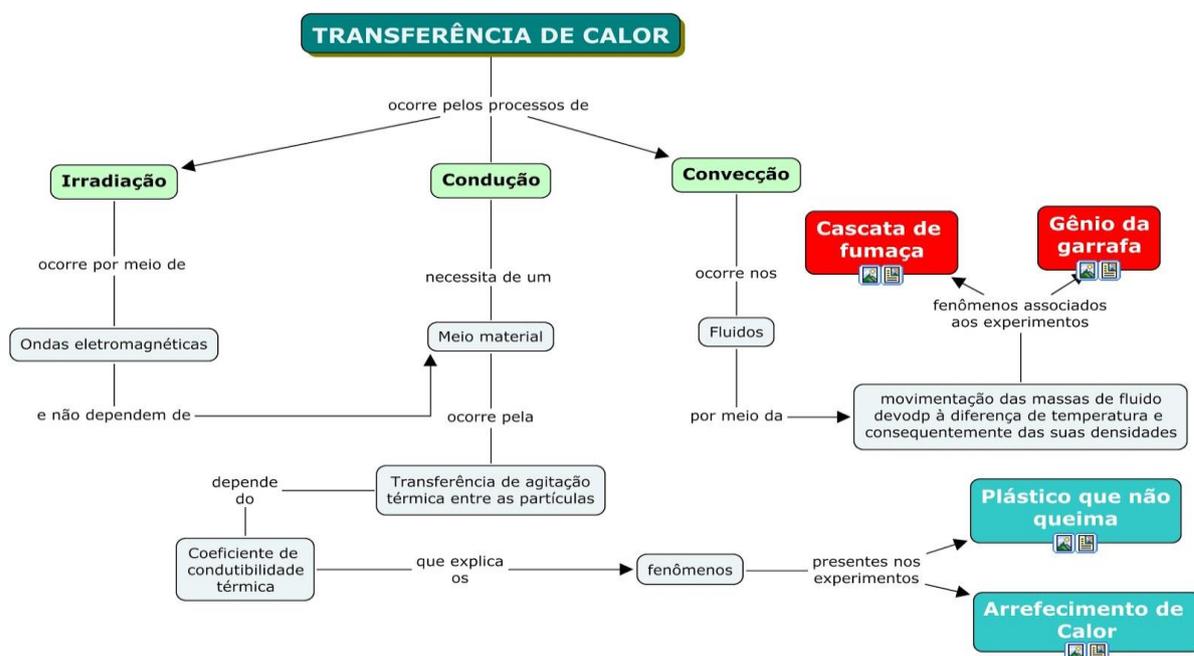
Será realizada agora uma atividade envolvendo mapa conceitual com os principais conceitos usados durante as atividades investigativas. Os temas principais são **refração** e **lentes**.

Em seguida são apresentados um esquema e dois exemplos de mapas conceituais. Qualquer dúvida, seu professor está à disposição.



Fonte<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Disponível em: <https://www.significados.com.br/mapa-conceitual/>

Fonte<sup>48</sup>Fonte<sup>49</sup>

Vamos agora fazer o nosso?

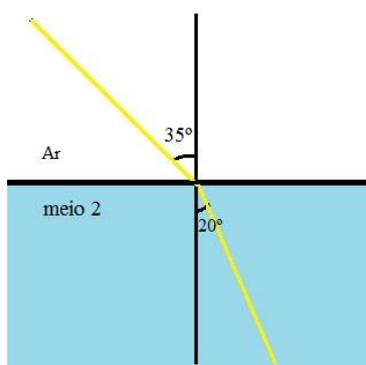
<sup>48</sup> Disponível em: [http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais\\_10.html](http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais_10.html)<sup>49</sup> Disponível em: [http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais\\_10.html](http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais_10.html)



## AVALIAÇÃO

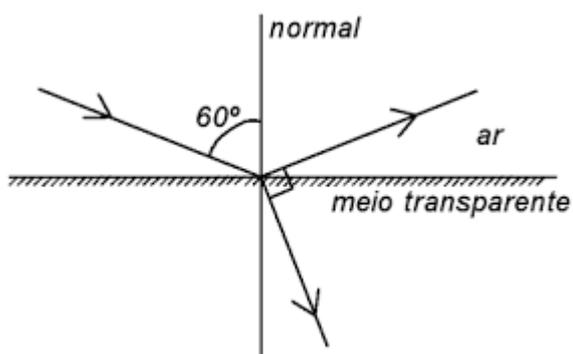
**QUESTÃO 1:** (FMU-SP) O índice de refração de um meio é a razão da velocidade da luz no vácuo em relação a velocidade da luz naquele meio. Um raio de luz passa no vácuo, onde sua velocidade é  $3 \cdot 10^8$  m/s, para um líquido, onde a velocidade passa a ser  $2,4 \cdot 10^8$  m/s, qual será o índice de refração do líquido?

**QUESTÃO 2:** 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:  $\text{sen}35^\circ = 0,57$  e  $\text{sen}20^\circ = 0,34$ .



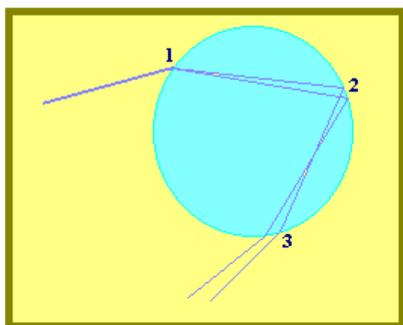
**QUESTÃO 3:** (UFRJ) Um raio luminoso que se propaga no ar ( $n_{\text{ar}} = 1$ ) incide obliquamente sobre um meio transparente de índice de refração  $n$ , fazendo um ângulo de  $60^\circ$  com a normal. Nessa situação, verifica-se que o raio refletido é perpendicular ao raio refratado, como ilustra a figura. Calcule o índice de refração  $n$  do meio.

Dados:  $\text{sen}60^\circ = 0,87$ ,  $\text{sen}30^\circ = 0,5$  e  $\text{sen}90^\circ = 1$ .

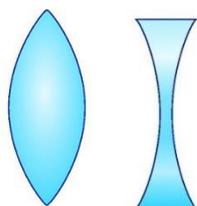


**QUESTÃO 4:** (VUNESP) A figura representa, esquematicamente, a trajetória de um feixe de luz branca atravessando uma gota de água. É dessa forma que se origina o arco-íris.

- Que fenômenos ópticos ocorrem nos pontos 1, 2 e 3?
- Em que ponto, ou pontos, a luz branca se decompõe, e por que isso ocorre?



**QUESTÃO 5:** Na figura, as lentes são de vidro especial cujo índice de refração absoluto é de 2.



- Qual o comportamento de cada lente ao ser colocado no vácuo?
- Indique o comportamento de cada uma ao ser colocada num líquido de índice de refração absoluto de 2,2.

**QUESTÃO 6:** (UNESP) Dispõe-se de uma tela, de um objeto e de uma lente convergente com distância focal de 12 cm. Pretende-se, com auxílio da lente, obter na tela uma imagem desse objeto cujo tamanho seja 4 vezes maior que o do objeto.

- A que distância da lente deverá ficar da tela?
- A que distância da lente deverá ficar do objeto?

**QUESTÃO 7:** (UERJ-RJ) Um estudante possui uma lente convergente de 20 cm de distância focal e quer queimar uma folha de papel usando essa lente e a luz do sol. Para conseguir seu intento de modo mais rápido, qual deve ser a distância da folha em relação à lente?



## APÊNDICE I GABARITOS

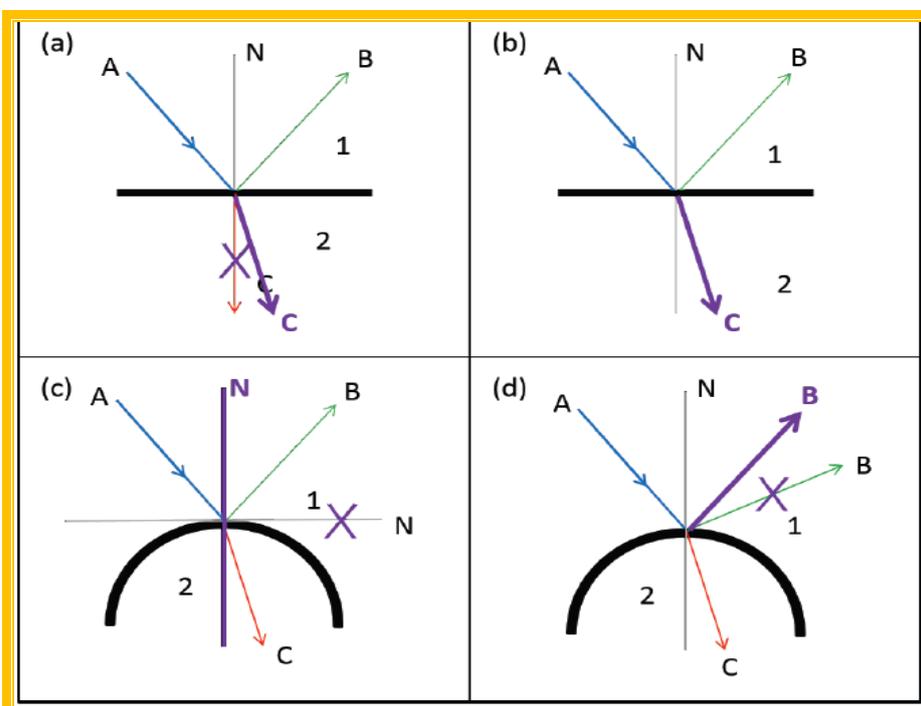


### TERCEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Questão 1:

- a) vidro, pois seu índice de refração é maior.  
 b) pois, a luz passou de um menos refringente para mais refringente.  
 c) mesma frequência.  
 d)  $n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2$ ,  
 $1 \cdot \sqrt{2} / 2 = n_2 \cdot 1/2$   
 $n_2 = \sqrt{2} = 1,4$ .  
 e)  $v = 2,1 \cdot 10^8$  m/s  
 f) ar, pois seu índice de refração é menor.  
 g) ar, pois sua velocidade é maior.

Questão 2:



### QUARTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – EXPERIMENTO VIRTUAL

Questão 1:

- $n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2$ ,  
 $1 \cdot \text{sen}30^\circ = n_2 \cdot \text{sen}22^\circ$ ,

$$1,0,5 = n_2 \cdot 0,37$$

$$n_2 \approx 1,4$$

Questão 2:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2,$$

$$1 \cdot \text{sen}45^\circ = 1,4 \cdot \text{sen}\theta_2,$$

$$1,0,7 = n_2 \cdot 1,4$$

$$\theta_2 \approx 30^\circ$$

Questão 3:

Como  $n_{\text{vidro}} > n_{\text{água}}$ , o ângulo refratado será maior que o ângulo de incidência.

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2,$$

$$1,5 \cdot \text{sen}60^\circ = 1,33 \cdot \text{sen}\theta_2,$$

$$\theta_2 \approx 78^\circ$$

Questão 4:

Como  $n_{\text{vidro}} > n_{\text{água}}$ , a velocidade será  $v_{\text{vidro}} < v_{\text{água}}$ . Pois, a velocidade é inversamente proporcional ao índice de refração do meio. A frequência da luz não sofre mudança;

Questão 5:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2,$$

$$n_1 \cdot \text{sen}60^\circ = 1,5 \cdot \text{sen}54^\circ,$$

$$n_1 \approx 1,4.$$

Questão 6:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2,$$

$$n_1 \cdot \text{sen}30^\circ = 1,5 \cdot \text{sen}53^\circ,$$

$$n_1 \approx 2,4.$$

Questão 7: Ocorre o processo de reflexão total, pois a luz atravessa um meio mais refringente para menos refringente e um ângulo maior que o ângulo limite.

#### QUARTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – EXPERIMENTO FÍSICO

Questão 1:

$\theta_1$	$\theta_1'$	$\theta_2$	$n = \text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2$
30°	30°	20°	1,46
45°	45°	28°	1,5
60°	60°	36°	1,47

90°	90°	42°	1,49
0°	0°	0°	NÃO EXISTE

Questão 2:

Os valores são iguais.

Questão 3:

Se afasta da normal.

Questão 4:

A relação foi a mesma.

Questão 5:

Por causa da normal.

Questão 6:

O raio laser é formado por partículas de luz (fótons) concentradas e emitidas em forma de um feixe contínuo. Para fazer isso, é preciso estimular os átomos de algum material a emitir fótons. Essa luz é canalizada com a ajuda de espelhos para formar um feixe.

#### QUINTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Questão 1: LETRA D. Em  $n_2$  o ângulo é menor que em  $n_1$ , logo  $n_2$  é mais refringente, sendo assim a velocidade de propagação da luz no meio é menor.

Questão 2: LETRA C.

Questão 3: LETRA B.

Questão 4:

a) 1 – Dispersão, 2 – Reflexão, 3 – Refração

b) A dispersão ocorre no ponto 1. A causa da dispersão é o fato de o índice de refração absoluto da água ser diferente para cada frequência de luz, o que acarreta desvios diferentes.

#### SEXTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Questão 1:

a) O índice de refração no vácuo é  $n = 1,0$  e o do vidro das lentes é  $n = 2,0$ . Assim, teremos que  $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$ .

$L_1$  tem bordas finas e é convergente;

$L_2$  tem bordas espessas e é divergente.

b) O índice de refração do líquido é  $n = 2,2$ , enquanto o do vidro das lentes é  $n = 2,0$ . Assim, teremos  $n_{\text{lente}} < n_{\text{meio}}$ . Em relação ao comportamento anterior, haverá inversão:

$L_1$  tem bordas finas e é divergente;

$L_2$  tem bordas espessas e é convergente.

Questão 2: Letra B

A luz propaga-se de um meio com maior índice de refração (vidro) para um meio com menor índice de refração (ar). Nesse caso, a bolha de ar, que tem formato biconvexo, não será convergente, mas divergente.

Questão 3: Letra B

Questão 4: Letra B

Questão 5: Letra D

Questão 6: Letra B

Questão 7: Letra D

#### OITAVA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Questão 1:

A lente é convergente porque a imagem é maior que o objeto e porque é projetada e conseqüentemente real e invertida.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{4p} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{5}{4p} = \frac{1}{12}$$

$$p = 15$$

$$p' = 4 \cdot p$$

$$p' = 60\text{cm}$$

Questão 2:

a)

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{0,25} + \frac{1}{-1} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{3}{1} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{3}m$$

$$C = \frac{1}{f}$$

$$C = 3di$$

b)

$$\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

$$\frac{i}{0,006} = -\frac{-1}{0,25}$$

$$i = 0,024m = 2,4cm$$

Questão 3:

$$\frac{1}{0,8f} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{0,8f} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{p'}$$

$$\frac{-0,2}{0,8f} = -\frac{1}{p'}$$

$$p' = 4f$$

$$\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

$$\frac{i}{1,6} = \frac{-4f}{0,8f}$$

$$i = 8mm$$

Questão 4:

a) Lente convergente – lentes de vidro no ar, de bordas finas são convergentes ou, observe que , após se refratarem na lente os raios de luz convergem para o eixo principal.

b)

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{15} + \frac{1}{10} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{25}{150} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{150}{25}$$

$$f = 6 \text{ cm}$$

Questão 5:

Como a lente é do tipo convergente, temos que a distância do objeto à lente e a distância focal são positivos,  $p = + 60 \text{ cm}$  e  $f = + 20 \text{ cm}$ . Para o cálculo da distância da imagem à lente, temos:

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{60} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = +30 \text{ cm}$$

Aplicando a equação do aumento linear, temos:

$$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow A = -\frac{+30}{60} \Rightarrow A = -\frac{1}{2}$$

## AVALIAÇÃO - GABARITO

Questão 1:

$$n = \frac{c}{v},$$

$$n = \frac{3}{2,4},$$

$$n = 1,25.$$

Questão 2:

Para encontrar o índice de refração do líquido, devemos utilizar a Lei de Snell:

$$n_{\text{ar}} \cdot \text{sen}\theta_1 = n_{\text{liquido}} \cdot \text{sen}\theta_2$$

Substituindo os dados, temos:

$$1 \cdot \text{sen}35^\circ = n_{\text{liquido}} \cdot \text{sen}20^\circ,$$

$$1 \cdot 0,57 = n_{\text{liquido}} \cdot 0,34,$$

$$n_{\text{liquido}} = \frac{0,57}{0,34},$$

$$0,34$$

$$n_{\text{liquido}} = 1,67.$$

Questão 3:

$$n_{\text{ar}} \cdot \text{sen}\theta_1 = n_{\text{transparente}} \cdot \text{sen}\theta_2$$

Substituindo os dados, temos:

$$1 \cdot \text{sen}60^\circ = n_{\text{transparente}} \cdot \text{sen}30^\circ,$$

$$1 \cdot 0,87 = n_{\text{transparente}} \cdot 0,5$$

$$n_{\text{transparente}} = 0,87/0,5$$

$$n_{\text{transparente}} = 1,7$$

Questão 4:

a) 1 – Dispersão, 2 – Reflexão, 3 – Refração

b) A dispersão ocorre no ponto 1. A causa da dispersão é o fato de o índice de refração absoluto da água ser diferente para cada frequência de luz, o que acarreta desvios diferentes.

Questão 5:

a) O índice de refração no vácuo é  $n = 1,0$  e o do vidro das lentes é  $n = 2,0$ . Assim, teremos que  $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$ .

$L_1$  tem bordas finas e é convergente;

$L_2$  tem bordas espessas e é divergente.

b) O índice de refração do líquido é  $n = 2,2$ , enquanto o do vidro das lentes é  $n = 2,0$ . Assim, teremos  $n_{\text{lente}} < n_{\text{meio}}$ . Em relação ao comportamento anterior, haverá inversão:

$L_1$  tem bordas finas e é divergente;

$L_2$  tem bordas espessas e é convergente.

Questão 6:

A lente é convergente porque a imagem é maior que o objeto e porque é projetada e conseqüentemente real e invertida.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{4p} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{5}{4p} = \frac{1}{12}$$

$$p = 15$$

$$p' = 4 \cdot p$$

$$p' = 60\text{cm}$$

Questão 7:

Toda luz que vem do sol chega praticamente paralela na Terra e, os raios paralelos incidentes na lente, refratam através dela e saem na direção do foco, portanto, colocando o papel a 20 cm da lente, no foco, é onde irá concentrar os raios de luz fazendo o papel pegar fogo mais rapidamente.

## APÊNDICE II

### TUTORIAL SOBRE O SIMULADOR PHET



A Universidade do Colorado (EUA) desenvolveu o Projeto Simulações Interativas *PHET*, o qual fornece inúmeras simulações sob Licença *Creative Commons – Atribuição 3.0* – e da Licença Pública Geral *Creative Commons GNU (Creative Commons GNU General Public License)*. O usuário pode escolher qualquer das duas opções, no entanto, ambas exigem licença em atribuir o trabalho a: simulações Interativas *PHET – Universidade do Colorado* – <http://phet.colorado.edu>. Essas simulações são livremente usadas e redistribuídas por qualquer pessoa física e estão disponíveis em português no site [//phet.colorado.edu/pt\\_BR](http://phet.colorado.edu/pt_BR). O *PHET* disponibiliza simulações em java (ou .jar) para disciplinas das áreas de conhecimentos da ciência da natureza e matemática.

Abrindo o *site*, o usuário visualizará a seguinte página:

**PhET**  
INTERACTIVE SIMULATIONS

University of Colorado Boulder

ENTRAR REGISTRO

**SIMULAÇÕES INTERATIVAS EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**  
Mais de 360 milhões de simulações distribuídas.

Entre aqui e simule

Professor, registre-se aqui

Energy Skate Park: Basics

Física

O Que é PhET?

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

INTERAJA, DESCUBRA, APRENDA!

Recursos para Professores

Ver Atividades  
Partilhe suas Atividades  
Dicas de uso PhET

DOE HOJE

PhET é apoiado por...

**Theresa Neill**  
STRATEGY + DESIGN

e nossos outros patrocinadores, incluindo educadores como você.

Fonte: [phet.colorado.edu](http://phet.colorado.edu) (2019).

Caso o professor deseje, poderá registrar e ter acesso aos manuais e atualizações que são enviadas por e-mail do usuário cadastrado. Porém, é possível acessar as simulações sem se cadastrar. Clicando na opção “Entre aqui e simule”, abrirá a seguinte página:

The screenshot shows the PhET website interface. At the top, there is a dark blue header with the PhET logo (University of Colorado Boulder), a search bar, and buttons for 'ENTRAR' and 'REGISTRO'. Below the header, a navigation menu on the left lists various subjects and levels. The main area displays a grid of 12 simulation thumbnails, each with a title in red text below it. The thumbnails include: 'Adição de Vetores', 'Alongamento DNA', 'A RAMPA', 'Aritmética', 'Associe Frações', 'Atrito', 'Balançando', 'Balanceamento de Equações Químicas', 'Balões e Eletricidade Estática', 'blackbody-spectrum', 'Cálculo no Gráfico', and 'Campo Elétrico dos Sonhos'.

Fonte: phet.colorado.edu (2019).

No lado esquerdo, o usuário poderá escolher as simulações por disciplinas: física, química, ciência da terra e matemática. Além disso, poderá abranger por nível de ensino, o qual encontrará as simulações agrupadas em quatro categorias: primário, ensino fundamental, ensino médio e universidade, e também por dispositivos, apresentando duas opções: *iPad/Tablet* e *Chromebook*.

Clicando na opção física, apresentará 98 simulações relacionadas nessa disciplina agrupadas em cinco categorias (movimento, som e ondas, trabalho, energia e potência, calor e termometria, fenômenos quânticos, luz e radiação, eletricidade, ímãs e circuitos) para facilitar a procura do simulador desejado.

This screenshot shows the PhET website with the 'Física' (Physics) category selected in the left-hand navigation menu. The main area displays a grid of 12 simulation thumbnails, each with a title in red text below it. The thumbnails include: 'Alongamento DNA', 'A RAMPA', 'Atrito', 'Balançando', 'Balões e Eletricidade Estática', 'Balões e Empuxo', 'blackbody-spectrum', 'Cálculo no Gráfico', 'Campo Elétrico dos Sonhos', and two additional thumbnails at the bottom that are partially cut off.

Fonte: phet.colorado.edu (2019).

Clicando a opção “Luz e Radiação”, o usuário será encaminhado para a seguinte página:

The image shows the PhET Interactive Simulations website interface. At the top, there is a dark blue header with the PhET logo on the left, a search bar in the center, and the University of Colorado Boulder logo on the right, along with 'ENTRAR' and 'REGISTRO' buttons. Below the header, the main content area is divided into a sidebar on the left and a grid of simulation thumbnails on the right. The sidebar lists various subjects, with 'Luz & Radiação' highlighted. The grid of thumbnails shows various simulations, each with a small preview image and a title in Portuguese: 'Desvio da Luz', 'Irradiando Carga', 'Moléculas e Luz', 'Alongamento DNA', 'Visão de Cor', 'Motores Moleculares', 'Ótica Geométrica', 'Pinças Ópticas e aplicações', and 'blackbody-spectrum'.

Fonte: phet.colorado.edu (2019).

O simulador utilizado nesse produto educacional é o denominado “Desvio da Luz”, a primeira opção de simuladores, como mostra a figura. Para usar esse simulador, basta o professor seguir as orientações contidas nesse produto educacional, na quarta atividade investigativa.

Portanto, essas simulações devem ser aplicadas em sala de aula, auxiliando o professor na discussão dos conteúdos relacionados e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

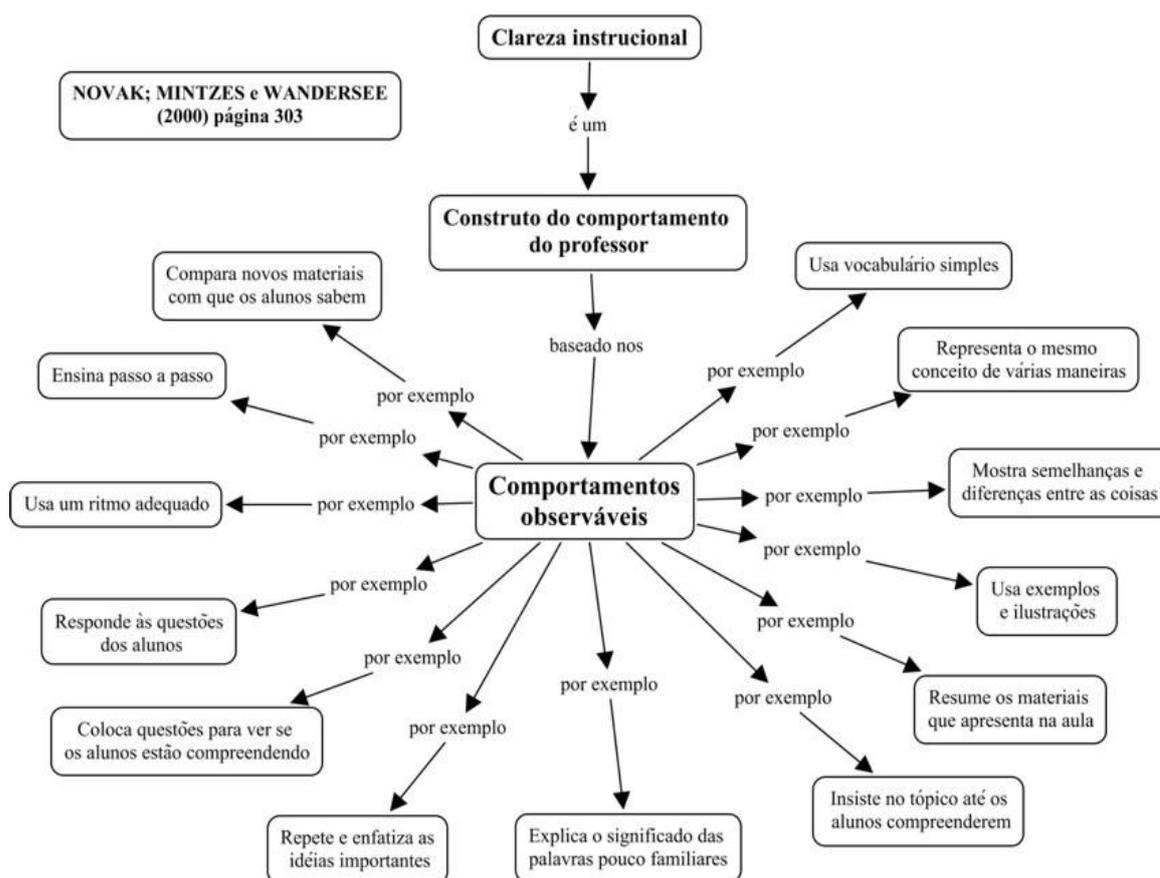
## APÊNDICE III

### TUTORIAL SOBRE MAPA CONCEITUAL



Há uma grande variedade de mapas conceituais que apresentam finalidades distintas. Alguns desses mapas são mais propensos pela sua facilidade de elaboração, enquanto outros pela clareza e até pela hierarquia de ideias e conceitos. A seguir, serão expostos três tipos de mapas conceituais.

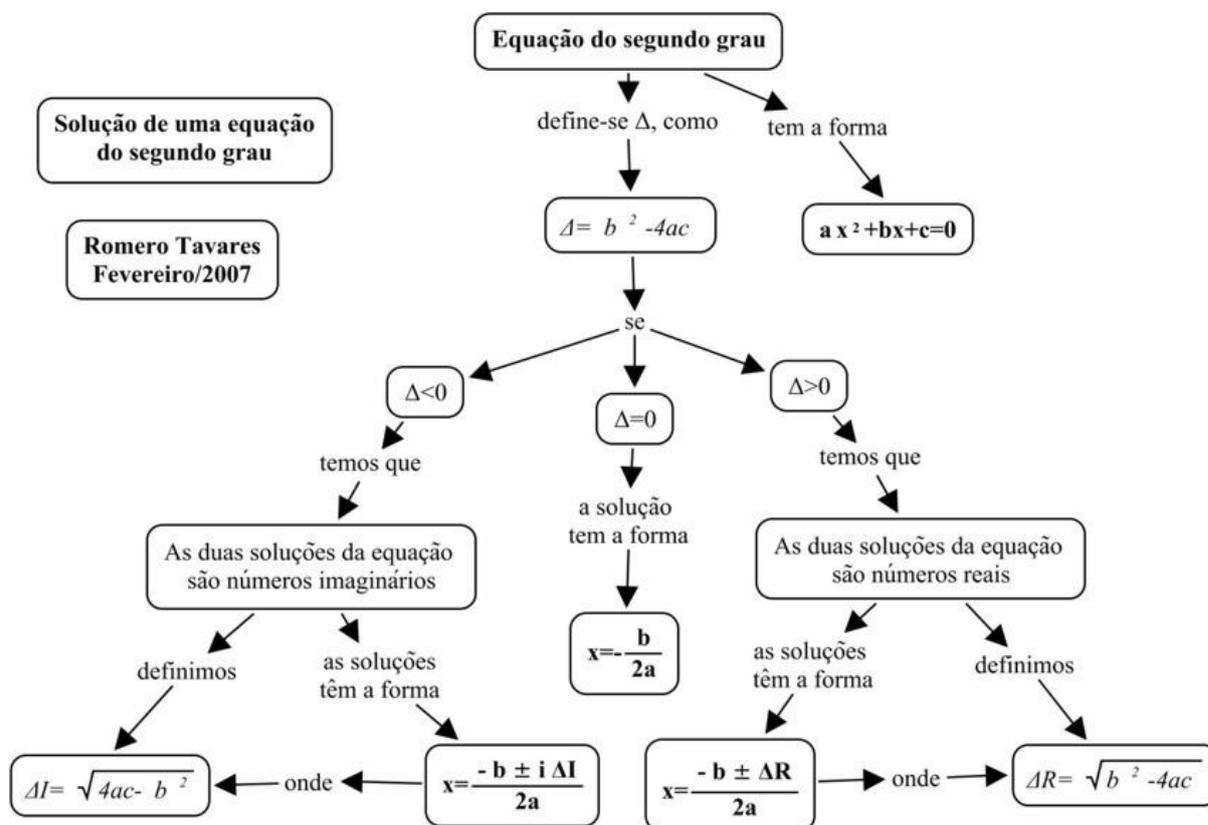
O mapa conceitual do tipo **teia de aranha** é estruturado colocando o conceito central no meio do mapa e os demais conceitos irradiando a partir dele. São mapas fáceis de serem elaborados, pois não há preocupação em hierarquia dos conceitos e relações entre eles. No entanto, esse mapa não mostra a opinião do aluno sobre a relação dos conceitos usados na confecção do mapa.



Fonte: Tavares (2007).

Os mapas conceituais do tipo **fluxograma** são elaborados de forma linear e são utilizados para mostrar cada passo de um procedimento, incluindo um ponto inicial e um

ponto final. São mapas fáceis de ler e organizados de forma sequencial, no entanto, sem pensamento crítico, não apresenta preocupação em explicar determinado assunto.

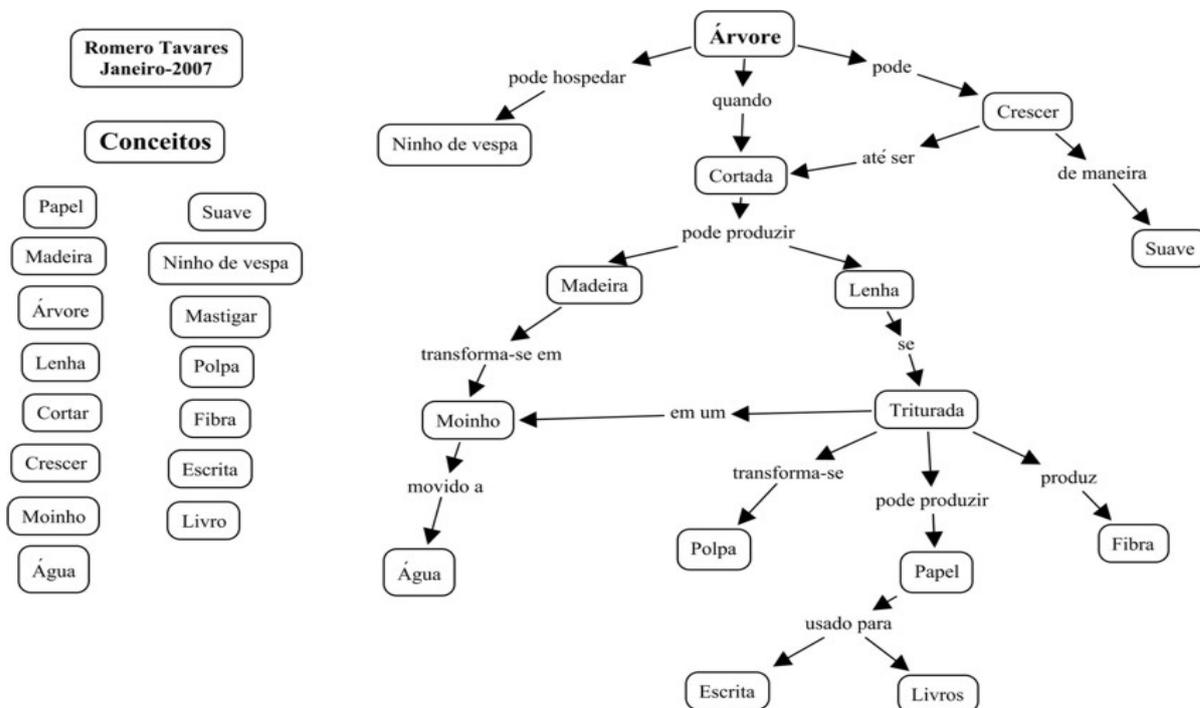


Fonte: Tavares (2007).

Por fim, o mapa conceitual **hierárquico** no qual a informação é apresentada em uma ordem hierárquica de conceitos. A informação mais importante (inclusiva) é colocada na parte superior. Os conceitos mais inclusivos estão indicados e os conceitos menos inclusivos estão inter-relacionados. Esses tipos de mapas são mais difíceis de serem elaborados, pois expõe a estrutura cognitivo do aluno sobre o assunto.

Um BOM mapa começa com uma boa seleção de conceitos relacionados ao tema principal. Cada conceito pode estar relacionado a mais de um outro conceito. A existência de grande número de conexões entre os conceitos revela a familiaridade do autor com o tema considerado. Mesmo que ele não tenha feito a escolha dos conceitos a serem mapeados, ele conseguirá perceber as relações entre eles se tiver algum domínio sobre o tema. Podemos exercitar as habilidades dos alunos na construção de mapas fornecendo seis ou oito conceitos chave que sejam fundamentais para compreender um tema que se quer cobrir, e pedir aos estudantes que elaborem um mapa

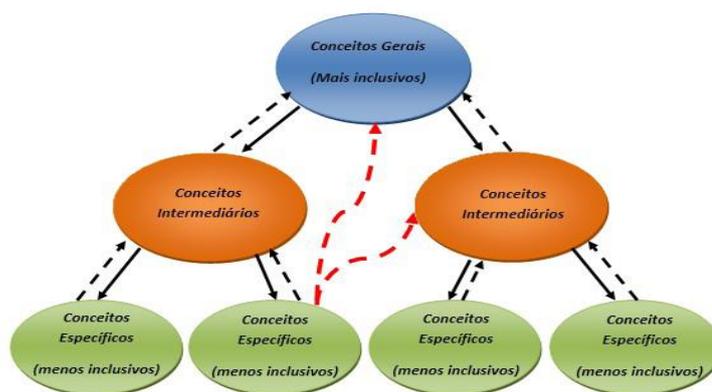
conceitual que relacione tais conceitos, e que acrescentem conceitos adicionais relevantes e os ligue de modo a formarem proposições que tenha sentido (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 56).



Fonte: Tavares (2007).

Os mapas conceituais, portanto, permitem uma construção hierárquica dos conceitos abordando e exploram dois princípios programáticos da Teoria da Aprendizagem Significativa, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 113).

O princípio de Ausubel da diferenciação progressiva estabelece que a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem maior significado à medida que são alcançadas novas relações (ligações preposicionais). Assim, os conceitos nunca são “finalmente aprendidos”, mas sim permanentemente enriquecidos, modificados e tornados mais explícitos e inclusivos à medida que se forem progressivamente diferenciando. A aprendizagem é o resultado de uma mudança do significado da experiência, e os mapas conceituais são um método de mostrar, tanto ao aluno como ao professor, que ocorreu realmente uma reorganização cognitiva (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 114).



Fonte: Moreira; Masini (2001, p. 33, adaptado).

## APÊNDICE IV

### REFERÊNCIAS



MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.1, n°.2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. *Aprender a Aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências e Cognição*, v.12, p. 72-85, 2007.

