

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ELISIANE DE CAMPOS DE OLIVEIRA ALBRECHT

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DA REFRAÇÃO DA LUZ NO  
ENSINO MÉDIO, UMA PROPOSTA DE UEPS.

PONTA GROSSA

2022

ELISIANE DE CAMPOS DE OLIVEIRA ALBRECHT

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DA REFRAÇÃO DA LUZ NO  
ENSINO MÉDIO, UMA PROPOSTA DE UEPS.

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

Orientador: Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

PONTA GROSSA

2022

A341 Albrecht, Elisiane de Campos de Oliveira  
Atividades experimentais para o estudo da refração da luz no ensino médio,  
uma proposta de ueps / Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht. Ponta Grossa,  
2022.  
175 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de  
Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta  
Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade.

1. Aprendizagem significativa. 2. Óptica geométrica. 3. Ensino de física. I.  
Andrade, André Vitor Chaves de. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa.  
Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530.1



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

## TERMO DE APROVAÇÃO

ELISIANE DE CAMPOS DE OLIVEIRA ALBRECHT

“ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DA REFRAÇÃO DA LUZ NO ENSINO MÉDIO, UMA PROPOSTA DE UEPS”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa, 25 de março de 2022.

Membros da Banca:

Dr. André Vitor Chaves de Andrade - (UEPG/MNPEF) – Presidente

Dr. Paulo Cesar Facin - (UEPG/MNPEF)

Dr. Romeu Miqueias Szmoski - (UTFPR Campus Ponta Grossa/PPGECT)



Documento assinado eletronicamente por **Andre Vitor Chaves de Andrade, Professor(a)**, em 25/03/2022, às 17:45, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Romeu Miqueias Szmoski, Usuário Externo**, em 30/03/2022, às 13:20, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Cesar Facin, Professor(a)**, em 30/03/2022, às 20:24, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0921835** e o código CRC **5A366B11**.

*Dedico a  
Meu esposo, Táuyllin Bruno,  
E ao nosso filho Pedro Henrique,  
Pelo amor, carinho, dedicação e companheirismo*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço:

Primeiramente a Deus, por permitir mais uma vez a realização de um sonho, fortalecendo e acalmando meu coração nos momentos mais difíceis durante o curso.

Ao meu esposo Táuyllin Bruno, que esteve em todos os momentos torcendo por mim, sempre quando possível sendo meu motorista nas viagens de Curitiba à Ponta Grossa, por estar com nosso filho em minhas ausências. Por sempre acreditar em mim e pelo grande auxílio nos trabalhos e ideias mais fabulosas. E por nunca deixar eu desistir de meus sonhos.

Ao meu filho Pedro Henrique, por sua compreensão em momentos que não estava presente em corpo. Por ser uma criança maravilhosa que me permite todos os dias ver a vida com outros olhos.

Aos meus pais em memória, os quais sempre fizeram parte da minha formação e sempre acreditaram em mim.

Ao meu amigo Alan, que foi um grande companheiro de viagens, com as mais diversas conversas as quais só nós entendíamos. Pela grande ajuda para compreender os mais complexos assuntos de eletromagnetismo e física quântica. E por toda contribuição dedicada durante todo este processo.

À minha amiga Pâmela, pelo companheirismo durante o curso e nos diversos trabalhos realizados, pelas longas horas de estudos e os cafés.

Aos colegas de curso pelos momentos de reflexão sobre o ensino e a aprendizagem de Física.

Aos professores do Departamento de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, que participaram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

E ao orientador deste trabalho o professor Dr. André Vitor Chaves de Andrade por todas as orientações para realização deste.

## RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) frente ao tema da refração da luz em meios transparentes, no contexto da óptica geométrica, baseada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. A UEPS foi aplicada e analisada em uma turma de terceira série do ensino médio, em um colégio da Região Metropolitana de Curitiba - PR, partindo do pressuposto de que as atividades experimentais desenvolvidas, aplicadas e avaliadas à luz dos princípios da TAS, poderiam contribuir para amenizar alguns dos problemas de aprendizagem encontrados pelo docente no ensino de física no que tange ao conteúdo da refração da luz. Para investigação dos resultados e busca de evidências de aprendizagem foram usados os mapas conceituais, indicados como importantes ferramentas metodológicas no processo de avaliação diferenciada e progressiva. Verificou-se nos distintos momentos da UEPS um grande envolvimento dos estudantes no processo, individualmente e em grupo, e um aumento da complexidade dos seus mapas mentais e conceituais, fatores que podem ser lidos como indícios que as atividades experimentais contribuíram como agentes facilitadores do ensino, motivando e mobilizando os estudantes e mostrando-se como instrumentos de apoio ao docente na sua busca por aulas diferenciadas e atrativas.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Óptica Geométrica; Ensino de Física.

## **ABSTRACT**

In this work we present a proposal for a Potentially Meaningful Teaching Unit (UEPS) on the theme of refraction of light in transparent media, in the context of geometric optics, based on the principles of the Theory of Meaningful Learning (TAS) by David Ausubel. The UEPS was applied and analyzed in a third-grade high school class, in a school in the Metropolitan Region of Curitiba - PR, based on the assumption that the experimental activities developed, applied and evaluated in the light of the TAS principles, could contribute to alleviate some of the learning problems encountered by the teacher in the teaching of physics regarding the content of light refraction. To investigate the results and search for evidence of learning, conceptual maps were used, indicated as important methodological tools in the process of differentiated and progressive assessment. In the different moments of the UEPS, there was a great involvement of students in the process, individually and in groups, and an increase in the complexity of their mental and conceptual maps, factors that can be read as indications that the experimental activities contributed as facilitators of teaching, motivating and mobilizing the students and showing themselves as instruments to support the teacher in his search for differentiated and attractive classes.

Keywords: Meaningful Learning; Geometric Optics; Physics Teaching.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura de um mapa conceitual. ....	23
Quadro 1 - Princípios para construção de uma UEPS .....	27
Figura 2 - Representação de raio de luz incidente (I) sobre um plano fictício, a reta normal (N) à superfície de separação entre os diferentes meios de propagação da luz, e o raio refratado (R) ao passar pelo meio 2, além dos ângulos de incidência (i) e refração (r), medidos em relação a reta normal N.....	32
Figura 4: Representação do raio incidente incidindo a zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo de zero grau, mesmo os meios A e B tendo índices de refração diferente. ....	34
Figura 5: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente. ....	35
Figura 6: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente. ....	36
Figura 7: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente. ....	36
Figura 8 - Representação do fenômeno de reflexão total da luz.....	37
Figura 9: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralelas.....	38
Figura 10: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralela, e seu comportamento óptico.....	39
Figura 11: Representação do prisma, com suas características.....	41
Figura 12: Representação do prisma, com o desvio angular. Nas figuras estão representadas duas situações de desvio angular do prisma, que permitem reflexões internas do raio de luz.....	41
Figura 13: Representação do comportamento óptico do prisma supondo estar imerso em um meio homogêneo e transparente.....	42

Figura 14: Representação do comportamento óptico do prisma, com o desvio mínimo.....	44
Figura 15: Representação dos prismas de Amici e Porro. ....	45
Figura 16. Kit de peças de acrílico no formato de semidisco .....	49
Figura 17. Kit de peças de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas.....	50
Figura 18. Kit de peças de acrílico no formato de prisma. ....	51
Figura 19: Materiais usados na aplicação do produto. Lápis de cor, transferidor, semidisco, lâmina de faces paralelas e prisma. ....	51
Figura 20: Materiais usados na aplicação do produto para demonstração do fenômeno de refração da luz. Copo de vidro, bastão de plástico preto, bolinhas de gel, recipiente com glicerina, água, água com corante, aquário. ....	52
Figura 21. Aquário utilizado para demonstração de atividade experimental .....	53
Figura 22. Aquário com moeda, Aquário com moeda e água. Etapas da atividade experimental com aquário. ....	54
Figura 23- Copo com bolinhas de gel.....	55
Figura 24- Bolinhas de gel. A: Bolinhas de gel sem estarem dilatadas. Figura B: Bolinhas de gel com volume maior após imersão em água. ....	55
Figura 25- Copo com bolinhas de gel e água.....	55
Figura 26- Recipientes com glicerina e água com corante. Dois recipientes com glicerina Figura A, dois recipientes um com água e corante e o outro glicerina Figura B.....	57
Figura 27- Recipientes com glicerina e água com corante Figura A. Tirando os recipientes de dentro da glicerina Figura B e Figura C.....	57
Figura 28- Copo com bastão e copo com bastão e água. Copo vazio com bastão, Figura A e copo com água e bastão, Figura B. ....	58
Figura 29 - Brincando com as palavras. A palavra “MAMA” copo sem água Figura A, com água a palavra “MAMA” sofre mudança para “AMAM” Figura B.....	58
Figura 30 - Brincando com as flechas. As flechas e o copo sem água Figura A. As flechas com água, a flecha vermelha muda de sentido Figura B. ....	59
Figura 31-Representação da peça de acrílico no formato de semidisco, vista do traço do raio incidente pela peça de acrílico e traço do raio refratado. ....	60
Figura 32: Alunos desenhando. Alunos analisando os desenhos, Figura A, medindo os ângulos, Figura B.....	61

Figura 33: Sequência dos raios traçados na folha de papel sulfite durante a realização da atividade experimental com a peça de acrílico no formato de semidisco.....	62
Figura 34: Sequência dos raios traçados na folha de papel sulfite durante a realização da atividade experimental com a peça de acrílico lâmina de faces paralelas.....	64
Figura 35 - Medindo o desvio lateral. ....	64
Figura 36 - Medindo o desvio angular. ....	67
Figura 37: Sequência dos raios traçados na folha de papel sulfite durante a realização da atividade experimental com a peça de acrílico no formato de prisma..	68
Figura 38. Alunos confeccionando seus mapas no momento 5. ....	69
Figura 39. Mapa do aluno A1 do momento 1. ....	71
Figura 40. Mapa do aluno A2 do momento 1. ....	72
Figura 41. Mapa do aluno A3 do momento 1. ....	73
Figura 43. Mapa do aluno A7 do momento 1. ....	74
Figura 45. Mapa do aluno A9 do momento 1. ....	75
Figura 46. Mapa do aluno A10 do momento 1. ....	76
Figura 47. Mapa do aluno A11 do momento 1. ....	76
Figura 48. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 1. ....	78
Figura 49. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 2. ....	79
Figura 51. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 4. ....	81
Figura 52. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 5. ....	82
Figura 53. Mapa do Aluno A1 do momento 5. ....	83
Figura 54. Mapa do Aluno A2 do momento 5. ....	84
Figura 55. Mapa do Aluno A3 do momento 5. ....	84
Figura 56. Mapa do Aluno A4 do momento 5. ....	85
Figura 57. Mapa do Aluno A5 do momento 5. ....	86
Figura 58. Mapa do Aluno A6 do momento 5. ....	86
Figura 59. Mapa do Aluno A7 do momento 5. ....	87
Figura 60 Mapa do Aluno A8 do momento 5. ....	88

Figura 61. Mapa do Aluno A9 do momento 5.....	88
Figura 62. Mapa do Aluno A10 do momento 5.....	89
Figura 63. Mapa conceitual do Aluno A11 do momento 5.....	90

## LISTA DE SÍMBOLOS

MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
SBF	Sociedade Brasileira de Física
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCE	Diretrizes Curriculares da Educação Básica
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa

## SUMÁRIO

<b>1- A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)</b> .....	<b>19</b>
1.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	19
1.2 MAPAS CONCEITUAIS .....	22
<b>2- UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA</b> .....	<b>26</b>
<b>3- REFRAÇÃO DA LUZ</b> .....	<b>30</b>
3.1 ÓPTICA, UMA BREVE INTRODUÇÃO .....	30
3.2 REFRAÇÃO DA LUZ.....	31
3.3 LÂMINA DE FACES PARALELAS.....	38
3.4 PRISMAS ÓPTICOS .....	40
<b>4- METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	46
4.2 LOCAL DE APLICAÇÃO E SUJEITOS DE PESQUISA .....	46
4.3 O PRODUTO EDUCACIONAL.....	47
4.3.1 Construção da UEPS .....	47
4.3.2 Planejamentos das Aulas .....	48
4.3.3 Materiais Utilizados .....	49
4.3.4 Aplicação da UEPS .....	52
4.3.4.1 Momento 1: Introdução da UEPS - Aula para levantamento de subsunçores.....	52
4.3.4.2 Momento 2: Atividade experimental na peça de acrílico no formato de semidisco.....	60
4.3.4.3 Momento 3: Atividade experimental na peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas. ....	63
4.3.4.4 Momento 4: Atividade experimental na peça de acrílico no formato de prisma.....	65
4.3.4.5 Momento 5 - Fechamento da UEPS.....	68

<b>5- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>6- CONCLUSÕES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE A- PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>95</b>

## INTRODUÇÃO

Desde o meu primeiro contato com a Física, como aluna do ensino médio, um universo fascinante do conhecimento se abriu para mim. Senti curiosidade, pude perceber que esta área das Ciências está relacionada às diversas outras áreas do conhecimento e muitos fenômenos que estão presentes em nosso cotidiano: de um simples objeto caindo ao lançamento de um satélite de ponta, lá está a Física presente.

Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE) do Estado do Paraná, a Física é uma disciplina que possibilita apresentar aos alunos modelos elaborados pelos homens com o objetivo de explicar e entender a natureza (PARANÁ, 2008). A Física pode ser entendida, então, com uma tentativa do ser humano de compreender o Universo ao seu redor.

Tomando este sentido de compreensão, o ensino de Física no ensino médio deve permitir aos alunos o acesso às ferramentas que dispõem a Ciência de observar, analisar e interpretar o mundo que o cerca. Tanto o mundo natural quanto o tecnológico.

No entanto, para muitos ainda, a Física parece ser fonte de muitas angústias. Vários dos meus colegas do passado e dos meus alunos de hoje, a consideram complexa e difícil de ser estudada. Mesmo que às vezes reconheçam a importância que a Física tem nas suas vidas, os alunos acham que ela é chata, maçante e concluem que a Física não passa de uma matemática mais complicada. Não sem razão, pois como aponta Moreira (2021), “desde que entram na educação básica os alunos começam a ser treinados para dar respostas corretas nas provas.”

Assim, na maioria das vezes, a Física do Ensino Médio se resume a um amontoado de fórmulas que servem apenas para resolver exercícios de um livro cujo objetivo principal é a preparação para exames de acesso às universidades. Nesse quadro, é necessária uma mudança de postura do professor. A Física deve ser apresentada como uma construção humana – historicamente e socialmente construída. Deve fazer sentido para o aluno, deve ser significativa.

Ainda, segundo Moreira (2021), o maior desafio é despertar o interesse dos alunos pela física. É necessário desenraizar os preconceitos existentes, por isso é essencial que o educador tenha em mente que no processo ensino-aprendizagem são



inúmeros os fatores que devem ser considerados, desde os métodos de ensino empregados pelo professor até os materiais a serem utilizados. Como mostra o estudo de Rezende, Osterman e Ferraz (2009), são muitos os trabalhos que se debruçam em analisar esses fatores diversos, propondo referenciais e metodologias que visam favorecer a aprendizagem.

Dentre essas propostas encontram-se os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A TAS tem como objetivo utilizar o que já é de conhecimento do aluno como uma âncora para o novo conhecimento a ser apresentado. Os princípios da TAS levam em consideração aquilo que já está na estrutura cognitiva do estudante (os subsunçores), valorizando e permitindo uma relação de troca e ressignificação com o novo conhecimento (MOREIRA, 2010).

Atualmente, o principal documento norteador da educação brasileira quanto ao currículo, é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>1</sup>. Nela, a Física é uma das componentes da área das Ciências da Natureza e, juntamente com a Biologia e a Química, deve propiciar subsídios que possibilitem aos estudantes “ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais.” (BRASIL, p. 472). Um dos fatores que possibilita ao aluno “argumentar”, “propor soluções” e “enfrentar desafios” é o conhecimento fazer sentido para ele, isto é, a aprendizagem ser significativa – como propõem os teóricos da TAS - e oferecer as competências e habilidades necessárias para tais ações.

Este trabalho apresenta a análise da aplicação de uma UEPS durante o terceiro bimestre de 2019 em uma turma de 3ª série do Ensino Médio de um Colégio da rede particular no município de Quatro Barras, na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. A turma, composta de 11 estudantes, foi acompanhada pela autora desde a 1ª série. Vale ressaltar que o conteúdo proposto, assim como os outros trabalhados no segundo semestre desse ano, foi uma revisão de conceitos, uma vez que o colégio adota um sistema de apostilas no qual eles concluem os conteúdos de física do ensino médio em dois anos e meio, reservando o segundo semestre da terceira série para um intensivo de pré-vestibular.

---

<sup>1</sup>A BNCC da etapa do Ensino Médio foi aprovada e homologada em 2018, um ano depois da aprovação e homologação das etapas da Educação Infantil e do Ensino Fundamental.

A proposta desenvolvida neste trabalho tem origem nas aulas de experimentação na disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na UEPG, ministradas pelo professor André Vitor – convidado para ser orientador dessa pesquisa – aulas que contribuíram ainda mais para aumentar meu interesse pelo tema óptica. Desde então, comecei a usar essas ideias nas minhas aulas e foi muito gratificante observar que os estudantes conseguem vivenciar o fenômeno de refração da luz com o uso de materiais simples.

A óptica, tal como a mecânica, o eletromagnetismo e a termodinâmica, apresenta grande potencial para permitir uma aproximação dos alunos com os conceitos físicos e suas aplicações no mundo natural e tecnológico, como sugere a BNCC. O contato com espelhos e a formação de imagens, o uso dos óculos, a visão do canudo que “quebra” dentro do copo d’água, o arco-íris, as miragens no asfalto e outros fenômenos, geram vários subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos que podem ser ressignificados com um novo conhecimento: o conhecimento científico.

O que mais me chamou a atenção foi a possibilidade de trabalhar com os estudantes o fenômeno de refração da luz com a utilização apenas de folhas de papel sulfite, lápis de cor e as pequenas peças de acrílico, sem o uso das habituais canetas a laser. Essas canetas muitas vezes são utilizadas sem o menor cuidado, oferecendo riscos de acidentes – mesmo com as orientações de segurança passadas antes do início da atividade - além de serem materiais que custam um pouco mais e que nem todas as escolas têm acesso. Assim sendo, em conversa com o orientador, pude notar o potencial dessas atividades para desenvolvimento do trabalho de pesquisa da dissertação.

A proposta desse trabalho é abordar uma parte específica da óptica, a refração da luz, sob a perspectiva da TAS. Será analisado o comportamento do raio de luz ao atravessar objetos transparentes com diferentes formatos de forma a ancorar o novo conhecimento aos subsunçores que os alunos já apresentam quando se trata de refração da luz e assim, dar a possibilidade de que a aprendizagem seja significativa.

Sob a perspectiva da Epistemologia Genética de Jean Piaget, é importante lembrar que o estágio de desenvolvimento cognitivo no qual os alunos do ensino médio – de 14 a 17 anos – se encontram, é uma transição entre o estágio das operações concretas e o estágio das operações formais (Moreira, 1999). A abstração

ainda está sendo desenvolvida nesta faixa etária, havendo a necessidade de se operar no concreto antes de se construir o abstrato. Desse modo, a atividade experimental é considerada elemento necessário para a construção de significados.

Não é a intenção deste trabalho esgotar todas as possibilidades de um processo de ensino e aprendizagem, mas oferecer um modo de abordar o tema escolhido, e que poderá ser extrapolado para outras áreas da Física.

Partimos da seguinte indagação: podem as atividades experimentais supramencionadas contribuir para amenizar alguns dos problemas do ensino-aprendizagem de física<sup>2</sup>, em especial, no ensino da óptica geométrica? Tomamos por hipótese que os princípios da TAS podem favorecer o ensino da refração, pois propõem aos estudantes reflexões acerca dos conceitos físicos abordados, permitindo-os fazer parte do seu processo de aprendizagem, para não ajam apenas como receptores de informações, e sim que possam debater, pensar e analisar aquilo que está sendo abordado nas aulas.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de abordagem do tema refração da luz sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel utilizando uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa proposta por Marco Antonio Moreira.

Os objetivos específicos são: (1) Construir uma proposta de sequência didática, UEPS, para o ensino da refração da luz; (2) Aplicar a UEPS proposta para uma turma de Ensino Médio e; (3) Avaliar os resultados da aplicação à luz dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa buscando evidências de aprendizagem.

No capítulo 1 será apresentado ao leitor a características da aprendizagem significativa, assim como os conceitos relacionados aos mapas conceituais.

No capítulo 2 será demonstrado a unidade potencialmente significativa e as bases para a construção das mesmas.

No capítulo 3 estão presentes os conceitos e as características envolvidas como os fenômenos de refração da luz, inclusive os conceitos teóricos relacionados a óptica física da lâmina de faces paralelas e o prisma triangular.

---

<sup>2</sup> Sugerimos a leitura do trabalho de Rezende, Osterman e Ferraz (2009), já citado.

No capítulo 4 serão descritos o lugar de aplicação da UEPS, os agentes observados, os materiais utilizados durante a aplicação, assim como se deu a aplicação da UEPS.

No capítulo 5 será abordado os resultados e discussão do que foi observado pela autora durante a aplicação da UEPS.

No capítulo 6 será apresentado a conclusão da aplicação da UEPS, assim como a conclusão das evidências detectadas durante o processo de realização deste trabalho.

# 1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)

## 1.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo a TAS, a aprendizagem é o processo no qual o aluno obtém novos conhecimentos, novas habilidades ou novas conexões com aquilo que já existe na sua estrutura cognitiva. Um dos maiores desafios deste processo é conseguir ter evidências que os alunos realmente aprenderam, sendo assim é necessário que o educador busque diferentes maneiras para alcançar este objetivo.

A aprendizagem significativa pode ser citada como uma destas metodologias que visam fortalecer a aprendizagem do aluno. Mas, afinal, o que é aprendizagem significativa? Essa teoria tem origem na década de 1960 com as publicações dos trabalhos do psicólogo estadunidense David Ausubel e do educador Joseph Novak. Segundo o autor Marco A. Moreira (2011, p.13, grifo nosso) pode-se dizer que a aprendizagem significativa

[...] é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira **substantiva e não arbitrária** com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Sendo assim, na aprendizagem significativa, o aluno tem um papel importantíssimo, não sendo um simples receptor, mas alguém que já tem uma vivência, saberes, informações e conhecimentos, que devem ser considerados no momento em que o educador pretende ensiná-lo algo novo.

Para ocorrer a aprendizagem no aluno é necessário que ocorra uma modificação em seu cognitivo, ou seja, os conhecimentos que estão presentes associam-se com os novos conhecimentos, gerando novas estruturas, novas conexões. Para tanto, o aluno deve desempenhar um papel diferente do de espectador, devendo fazer parte do seu processo de aprendizagem nas palavras de Moreira (2011), o estudante deve **querer** aprender, ter uma predisposição àquilo que vai ser ensinado.

A aprendizagem significativa diferencia-se da aprendizagem mecânica, ou seja, aquela que busca ensinar os alunos através da memorização. Existem muitas evidências que essa aprendizagem não permite aos alunos modificar o seu cognitivo, mas sim que eles memorizam determinado assunto, tema, conceito para realização

de uma atividade avaliativa e após, esta informação é descartada ou ela permanece na estrutura cognitiva, porém não é relevante a novos conhecimentos, assim acabam por não se relacionar.

Segundo Moreira (2011), Ausubel considerava que a variável mais importante para a aprendizagem, isoladamente, é o conhecimento que está no cognitivo do aluno, a este é dado o nome de subsunçor. É importante ressaltar que esse pode ser um exemplo, um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, mas deve ser especificamente relevante.

Os subsunçores presentes no cognitivo dos alunos podem estar mais ou menos estabelecidos, é necessário que o educador busque fazer o levantamento dos subsunçores referentes ao assunto a ser ensinado e analise as complexidades destes, pois pode ocorrer casos em que os alunos apresentem, mas estes podem possuir relações não assertivas, pode ser que estes tenham uma maior ou menor estabilidade, e pode ocorrer casos que mesmo com a vivência do aluno ele não possua conhecimentos prévios relevantes ao tema estudado. Ainda segundo Moreira (2011, p. 14):

A aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre os conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

A aprendizagem significativa possibilita, progressivamente, que os subsunçores sofram modificações através das interações entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, fazendo com que o subsunçor se torne mais rico em significados, mais estável e mais relevante à estrutura cognitiva, podendo assim facilitar novas aprendizagens, Moreira (2011). Pois, de acordo com autores Ausubel, Novak e Hanesian, a aprendizagem significativa:

envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Ou seja, a emergência de novos significados no aluno reflete o complemento de um processo de aprendizagem significativa. (AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN, 1980, p. 34)

A aprendizagem significativa apresenta três formas, a aprendizagem significativa superordenada, a aprendizagem significativa subordinada e a aprendizagem de modo combinatório. A primeira consiste em uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passando a subordinar conhecimentos prévios. A segunda, e mais típica, é aquela na qual um novo

conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante. E a última é uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, Moreira (2011).

Juntamente à aprendizagem significativa está vinculado o uso de materiais potencialmente significativos, que segundo Moreira (2011) não são meras ferramentas. É importante que ao se propor metodologias diferenciadas, os docentes busquem usar imagens, slides, fotos, objetos, quadros, experimentos, que possuam significados para os estudantes, e não somente um significado representativo.

Dizer que um material é potencialmente significativo quer dizer que este gera nos estudantes interações cognitivas que permitem desenvolver um significado ou uma nova interação com aquilo que já está presente em seu cognitivo. O material apresentado ao estudante não deve ser feito de uma maneira arbitrária e liberal, pois esta resulta em uma aprendizagem não significativa, ou seja, uma aprendizagem mecânica e automática.

Ademais, em relação à potencialidade dos materiais, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam seu caráter individual, sua particularidade para cada sujeito. Assim, a potencialidade de um material em ser significativo para um certo indivíduo não está ligada apenas à presença dos conhecimentos no seu cognitivo, mas sim que estes conhecimentos sejam relevantes e possam se relacionar com o material proposto para que assim ocorra de fato a aprendizagem, segundo os autores Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.37)

A aquisição de significados enquanto fenômeno natural ocorre em seres humanos particulares – não na espécie humana de uma maneira geral. Portanto, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, não é suficiente que as novas informações sejam simplesmente relacionadas (de forma não arbitrária e substantiva) a ideias correspondentemente relevantes no sentido abstrato do termo (a ideias correspondentemente relevantes que alguns seres humanos estão aptos a aprender sob circunstâncias apropriadas); é também necessário que o conteúdo ideacional relevante esteja disponível na estrutura cognitiva de um *determinado* aluno. (grifo dos autores)

A aprendizagem significativa passa por processos que concebem a aquisição de novos conhecimentos, assim como a modificação dos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos, sendo assim pode se citar dois processos principais, são eles: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

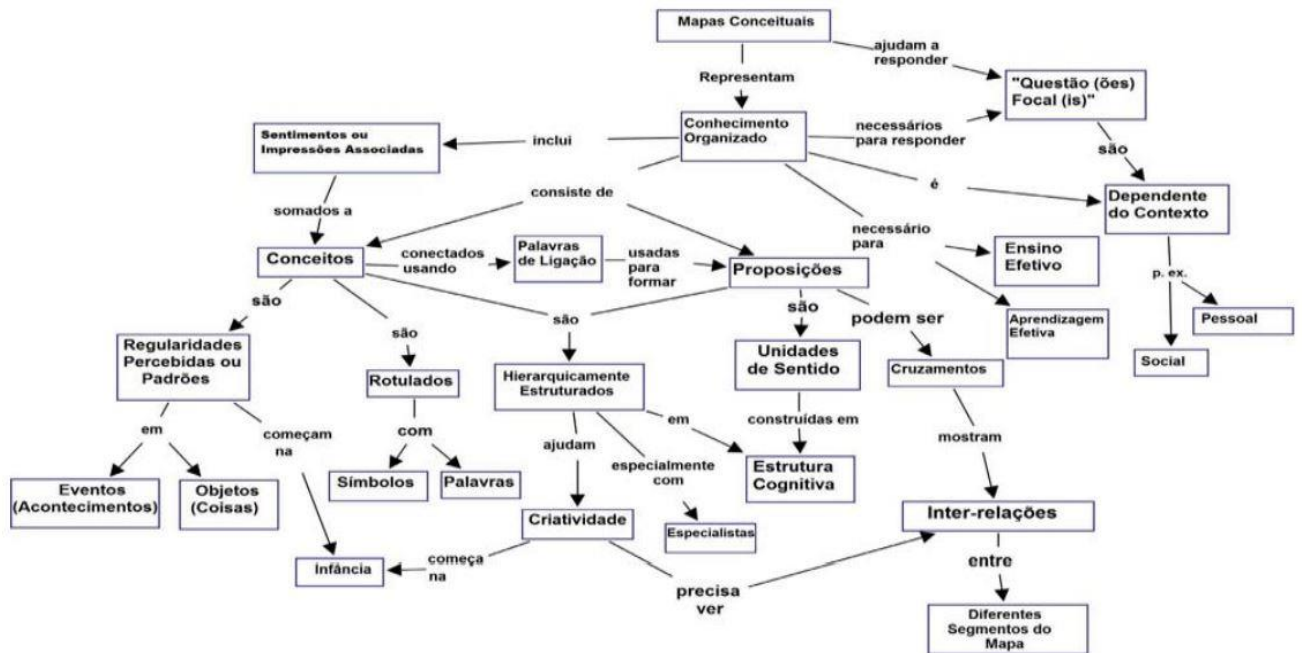
A diferenciação progressiva consiste na utilização de um subsunçor diversas vezes, progressivamente, para a aquisição de novos significados aos conhecimentos. Na medida que vai se utilizando este subsunçor ele vai ganhando mais significados, ficando cada vez mais rico, mais refinado e mais relevante, podendo servir de âncora para as novas aprendizagens significativas. (Moreira, 2011). No que tange a reconciliação integradora, é um processo simultâneo ao da diferenciação progressiva, na dinâmica da estrutura cognitiva, que possibilita superordenação integrando significados, resolvendo inconsistências, eliminando diferenças aparentes (Moreira, 2011).

## 1.2 MAPAS CONCEITUAIS

Uma ferramenta que está fortemente ligada à aprendizagem significativa é o mapa conceitual. Esse instrumento consiste, segundo Novak, “em um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições”, uma ferramenta gráfica para a organização e representação do conhecimento (Novak, 1996) que mostram uma hierarquização entre os conceitos. Identificar os conceitos chave e as relações entre eles aperfeiçoa a interpretação dos estudantes sobre os objetos que o cercam e os acontecimentos que observam (Novak, 1996). A seguir é apresentado na figura 1 uma esquematização da estrutura de um mapa conceitual.



Figura 1- Estrutura de um mapa conceitual.



Fonte: Novak e Cañas, 2010.

Ao utilizar os mapas conceituais é importante que se tenha claro em mente que existe uma grande diferença entre os mapas mentais, os mapas conceituais e os diagramas V. Nos mapas mentais são encontrados conceitos que são associacionistas, estes não se ocupam com as relações entre os conceitos e incluem objetos de estudos que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Já os diagramas V ou V epistemológico são considerados instrumentos heurísticos que permitem uma análise na estrutura e no processo de construção do conceito a ser estudado.

Nos mapas conceituais são apresentados conceitos e proposições que podem ser palavras ou frases que tem por função interligar os conceitos entre si mostrando as relações existentes. Geralmente os conceitos são dispostos dentro de quadros ou círculos, enquanto as proposições são colocadas sobre linhas que os interligam (Novak e Cañas, 2010). Vale ressaltar, ainda segundo os autores, “que as proposições são enunciados sobre algum objeto ou evento no Universo, seja ele natural ou artificial.”

Os mapas conceituais têm se mostrado uma excelente ferramenta para facilitar a negociação, construção e aquisição de significados. (Moreira, 2010) e podem ser úteis em vários momentos do processo ensino-aprendizagem, desde um

organizador prévio, recurso na aprendizagem, atividades e até mesmo uma forma de avaliação. Confeccionar um mapa conceitual possibilita ao aluno estabelecer diversas relações hierárquicas entre os conhecimentos, pois durante a elaboração deverá lembrar-se de que “os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente debaixo deles.” Novak (1996). Ainda segundo o autor, “os mapas conceituais realçam visualmente tanto as relações hierárquicas entre os conceitos e as proposições como as ligações cruzadas entre grupos de conceitos e proposições.”

Quando se fala do uso do mapa conceitual no processo de aprendizagem é importante que aquele que o elaborou faça uma apresentação do seu mapa para outras pessoas, para que assim possa externalizar os significados presentes em seus mapas, ou seja, caso um educador utilize a montagem de mapas conceituais durante suas aulas, é conveniente que, em seguida, possibilite uma discussão entre os alunos sobre suas produções, para que possam diferenciar, reconciliar e assimilar os conhecimentos abordados.

Como um instrumento de avaliação os mapas conceituais se mostram bastante eficazes, uma vez que podem demonstrar a organização estrutural no cognitivo do aluno. Como já mencionado, a aprendizagem se dá pela mudança na estrutura cognitiva dos alunos sendo assim, “os mapas conceituais são um método de mostrar, tanto ao aluno como ao professor, que ocorreu realmente uma reorganização cognitiva.”, segundo Novak.

Convém que o mapa conceitual seja construído com uma boa estrutura hierárquica e uma boa caracterização entre as novas ligações. Outra característica importante na produção dos mapas conceituais é que sejam elaborados a partir de uma questão particular que se procura responder, o que possibilita uma compreensão maior daquilo que está sendo aprendido (Novak e Cañas, 2010).

Atualmente existe vários recursos digitais que facilitam a confecção dos mapas conceituais, uma ferramenta muito utilizada desde estudantes do ensino básico, centro universitário ou até mesmo centros de pesquisa se destaca o CmapTools<sup>3</sup>. Dentre os diversos recursos disponibilizados pelo CmapTools existe a possibilidade de armazenamento dos mapas confeccionados, o trabalho em grupo, ou seja, os

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://cmap.ihmc.us/>

estudantes podem trabalhar em conjunto na montagem dos mapas conceituais, além de permitir que estes fiquem arquivados na rede possibilitando o docente realizar uma avaliação do desenvolvimento de seus alunos através deles. O CmapsTools possui uma ferramenta “comparar mapas conceituais” que proporciona uma comparação de um mapa conceitual elaborado por um especialista para um determinado assunto de mapas feitos por estudantes, favorecendo ainda mais no momento da avaliação.

## 2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Para a abordagem do tema refração da luz com os estudantes foi desenvolvida uma sequência didática com base nas propostas de construção desenvolvidas pelo professor Marco Antônio Moreira, caracterizada como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Uma UEPS consiste, basicamente, em uma sequência didática que tem fundamentos na TAS, que busca estimular o estudante a uma aprendizagem significativa e não uma simples memorização de conteúdo. Para realização de uma UEPS o docente tem que ter em mente que precisará trabalhar com seus estudantes princípios tais como a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a negociação de significados e organizadores prévios.

Segundo Moreira (2011, p. 2), para o desenvolvimento de uma UEPS é necessário ponderar sobre três pontos:

Objetivo: desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental.

Filosofia: só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.

Marco teórico: a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009), as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).

Além de refletir sobre estes três pontos os docentes, ainda segundo Moreira (2011), deve-se ter em mente os princípios apresentados no QUADRO 1:

Quadro 1 – Princípios para construção de uma UEPS

Teórico(s)	Princípios
Ausubel	O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa.
	A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino.
Ausubel; Gowin	É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento;
Gowin	Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino. Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo.
Johnson-Laird	Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação
Moreira	A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica.
	A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.
	Situações-problema pode funcionar como organizadores prévios.
	Organizadores prévios mostram a relacionalidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios.
	A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva.
Novak	Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa.
Vergnaud	São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa.
	As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade.
Vergnaud; Gowin	O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno.
Vygotsky; Gowin	A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados.

Fonte: Adaptado de MOREIRA, Marco. A. Unidades De Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Rio Grande do Sul, v.1 n.2 pp 43 – 63, 2011.

Ante o exposto, Moreira (2011) sugere ao docente seguir alguns passos na construção da UEPS:

1. Definir o tópico específico;
2. Criar/propor situações iniciais;
3. Propor situações-problema;
4. Uma vez apresentado as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado;
5. Retomar aspectos mais gerais, em continuidade;
6. Conclusão da Unidade;
7. Avaliação.

O docente necessita ter bem claro estes pontos, pois existem detalhes que fazem muita diferença no momento da execução da UEPS. Por exemplo, no segundo passo, nas palavras de Moreira (2011), as situações propostas (discussão, questionário, mapa mental, mapa conceitual etc.) devem levar o aluno “a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta”.

Outro ponto é relacionado às situações-problema, que em um primeiro momento precisam ser de nível introdutório, com o objetivo de preparar o terreno para o tema que se pretende ensinar, sempre buscando evidenciar aquilo que o estudante já conhece. Após estabelecer e trabalhar as situações iniciais, o docente pode apresentar o tema que deseja ensinar/aprender, buscando sempre a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. É sempre importante buscar os aspectos mais gerais e estruturantes do tema estudado com uma nova visão, possibilitando ao estudante analisar, reorganizar e, até mesmo, gerar novos subsunçores.

Outro fator muito importante para a aplicação da UEPS é a forma de avaliação, uma vez que o que se busca é uma aprendizagem significativa. A avaliação deve ser diferenciada, baseada nos princípios da TAS, ou seja, nada de atividades que priorizem a memorização por si só, é necessário que a avaliação apresente situações as quais evidenciem que houve uma modificação naquilo que já existia no cognitivo do sujeito da aprendizagem. Vale ressaltar que a avaliação é um processo

progressivo, e que o docente a todo momento deve estar atento à reorganização cognitiva dos estudantes, visando analisar as prováveis mudanças sofridas. Desse modo, as atividades podem e devem ser formativas e somativas.

### 3 REFRAÇÃO DA LUZ

#### 3.1 ÓPTICA, UMA BREVE INTRODUÇÃO

A área de estudo responsável pela análise do comportamento dos fenômenos relacionados a luz é conhecida como óptica, nesta área são abordados os temas tais como os fenômenos de reflexão, refração, dispersão, difração, interferência, absorção, polarização e o comportamento da luz.

Os fenômenos ópticos são objetos de curiosidades desde a Antiguidade, pensadores como Platão (427-347 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e, mais tarde, Alhazen (965-1040) buscaram responder perguntas relacionadas à luz, à visão e ao comportamento da luz em diferentes meios (BARROS; CARVALHO, 1998). Também o céu e as estrelas chamam a atenção dos seres humanos desde os tempos antigos, e um dos saltos no conhecimento da nossa espécie nesse tópico se deu por volta de 1609, com Galileu Galilei construindo uma luneta e apontando para o céu, o que o permitiu ver mais longe que muitos daquela época.

Vale evidenciar que “Galileu não inventou o telescópio<sup>4</sup> e nunca afirmou tê-lo feito” (PIRES, 2011, p. 118), seus méritos são: ser o sujeito que “transformou o telescópio em um poderoso instrumento de pesquisa e foi o primeiro a publicar uma descrição do Universo visto através dele.” (PIRES, idem). Também Paolo Rossi (2001) traz em seu livro extratos da construção da ciência moderna ocidental, destacando relatos referentes às consequências do gesto de Galilei de apontar sua luneta para o céu.

É atribuída a Galilei, por volta de 1610, a primeira observação dos anéis de Saturno, as crateras da Lua, bem como a primeira de observação de quatro Luas de Júpiter, hoje conhecidas como as Luas Galileanas, corroborando o modelo heliocêntrico copernicano. (Rossi, 2001). Neste período também houve outros destaques para óptica, um desses foi René Descartes (1596-1650) que independentemente de Willebröd Snell (1580-1626) formulou a lei da refração da luz. Uma vez que os dois cientistas chegaram à mesma conclusão, apesar de não

---

<sup>4</sup> Ainda segundo Antônio T. S. Pires (2011) “o aparelho foi chamado originalmente de *perspicillum*, a palavra telescópio foi criada em 1611.”



trabalharem juntos, hoje a segunda lei da refração recebe o nome dos dois, ou seja, Lei de Snell-Descartes.

Esta área do conhecimento teve também outros grandes colaboradores em sua história, como Pierre Fermat (1601-1665), Isaac Newton (1643-1727), Christian Huygens (1629-1695), Thomas Young (1773-1829), Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896), Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868), Albert Abraham Michelson (1852-1931) e James Clerk Maxwell (1831-1879) (MELO; PEDUZZI, 2007). No decorrer dos séculos discutiu-se o comportamento e a natureza da luz; fenômenos como interferência, difração, dispersão; realizaram-se experimentos para verificação da velocidade da luz, entre outras contribuições e descobertas.

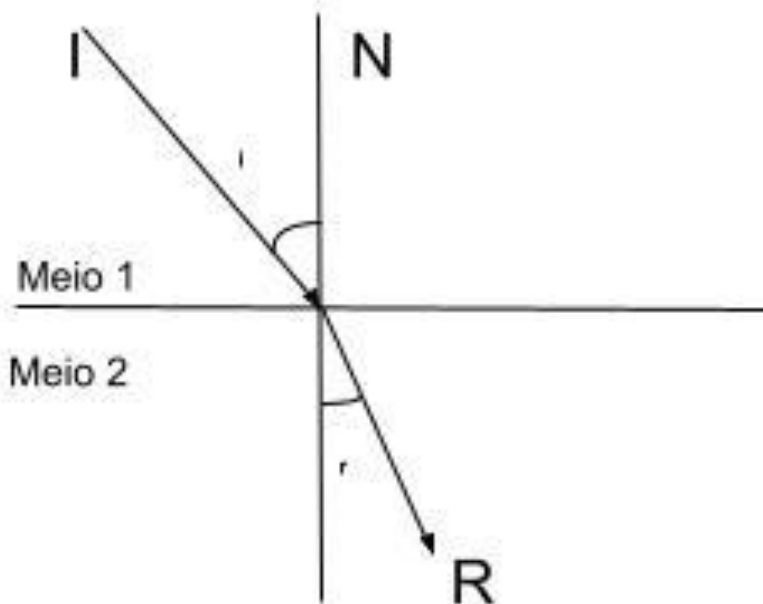
### 3.2 REFRAÇÃO DA LUZ

A luz viaja pelo vácuo com uma velocidade de 299.792.458 m/s, este valor foi estabelecido através de experimentos no decorrer da história. Os valores encontrados nessas experiências concordam com boa precisão com o valor teórico previsto pela Teoria Eletromagnética decorrente dos trabalhos de Maxwell, que permitiram concluir que a luz tem um comportamento de onda eletromagnética.

Na óptica é feita uma diferença entre os meios de propagação da luz, sendo que há os meios transparentes, translúcidos e opacos. Os meios transparentes são caracterizados por permitirem que a luz se propague por eles em linha reta, nos meios translúcidos a luz se propaga de forma irregular, enquanto os meios opacos não permitem a propagação da luz por eles. Vidro, água e glicerina são exemplos de meios transparentes, já o metal, a madeira e a borracha são definidas como meios opacos e vidros foscos, papel vegetal são materiais translúcidos.

A refração da luz se dá pela passagem da luz de um meio material para outro, ocasionando à mudança da velocidade da luz e em alguns casos a mudança da direção de propagação da luz, como está apresentado na Figura 2. A refração é um fenômeno muito presente em nosso cotidiano desde uma simples observação dos objetos, até mesmo as altas tecnologias presentes nos lasers, nos equipamentos médicos e nos mais sofisticados telescópios.

Figura 2 – Representação de raio de luz incidente (I) sobre um plano fictício, a reta normal (N) à superfície de separação entre os diferentes meios de propagação da luz, e o raio refratado SEM ao passar pelo meio 2, além dos ângulos de incidência (i) e refração sem, medidos em relação a reta normal N.



Fonte: A autora, 2021.

Mas o que faz com que a luz mude sua velocidade ao passar de um meio material para outro? A característica responsável por mensurar essa mudança está associada à grandeza física conhecida como índice de refração absoluto ( $n$ ), ou seja, a dificuldade que a luz encontra ao se propagar por um material. Pode-se dizer que um meio é mais refringente ou menos refringente devido a esta característica. O índice de refração absoluto de um meio pode ser representado matematicamente pela razão entre a velocidade luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz ( $v$ ) no meio que ela está se propagando, conforme (1)

$$n = c/v \quad (1)$$

O índice de refração da luz possibilita fazer uma comparação entre a velocidade da luz no meio ( $v$ ) e a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ). Onde os meios que são chamados de mais refringentes são aqueles nos quais a luz propaga-se com uma menor velocidade, possuindo assim uma maior refringência, ou seja, um índice de refração maior. Já os menos refringentes possuem menor índice de refração, resultando em maior velocidade de propagação da luz. Em síntese, esse número característico do meio possibilita identificar quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior que a velocidade da luz no meio estudado.

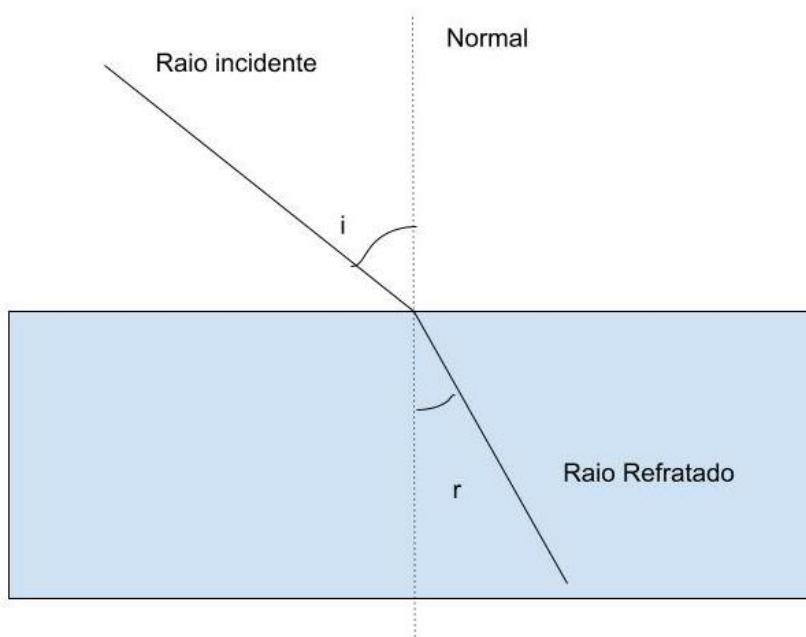
Convém ressaltar outros aspectos ligados ao índice de refração da luz: a frequência da radiação e a temperatura do meio de propagação. O índice de refração está relacionado à frequência (cor) da radiação luminosa que se propaga pelo meio, apresentando diferentes índices de refração absolutos para diferentes cores da luz. O maior valor do índice de refração da luz ocorre para a cor violeta e o menor para a luz vermelha. Essa propriedade é a responsável pela formação do arco-íris (dispersão da luz branca). Já o fator temperatura está ligado à densidade do meio, ou seja, com a mudança da temperatura o meio tem sua densidade alterada e, com isto, haverá uma mudança no índice de refração.

### 3.2.1 As Leis Da Refração

A refração da luz pode ser descrita através de duas leis, que são chamadas as leis da refração da luz.

A primeira lei da refração diz que o raio de luz incidente, ou seja, aquele que incide na superfície que separa os meios, a reta normal, aquela que sempre faz um ângulo perpendicular (ângulo de  $90^\circ$ ) com a superfície separadora, e o raio de luz refratado, aquele que se propaga no segundo meio, estão sempre contidos no mesmo plano, ou seja, são coplanares, Figura 3.

Figura 3: Representação da 1ª. Lei da Refração da luz, apresentado o raio incidente, o raio refratado a reta normal e os ângulos incidente  $i$  e refração  $r$ , sendo o plano que contém estes é o plano da folha.



Fonte: A autora, 2021

A segunda lei da refração, também conhecida como lei de Snell- Descartes estabelece uma relação entre os ângulos do raio incidente e do raio refratado. Segundo Snell o quociente entre o seno do ângulo do raio incidente pelo seno do ângulo raio refratado é uma constante. Vale ressaltar que o ângulo do raio incidente, assim como do raio refratado são medidos em relação à reta normal, e não em relação à superfície que separa os meios.

A lei de Snell-Descartes pode ser descrita pela equação (2)

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (2)$$

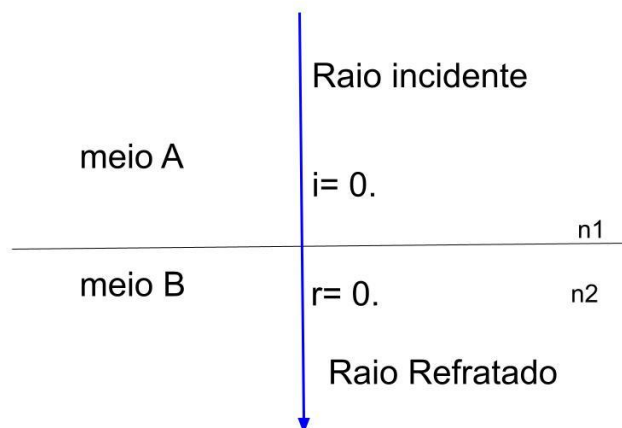
Onde  $n_1$  é o índice de refração absoluto do meio de incidência,  $n_2$  é o índice de refração absoluto do meio de refração,  $i$  é o ângulo do raio incidente e  $r$  é o ângulo do raio refratado medidos em relação a reta normal.

Como consequência da segunda lei da refração podemos observar que, quanto maior for o índice de refração absoluto de um meio menor será o ângulo, seja de incidência ou de refração, pertencente a este meio.

Analisando a lei de Snell-Descartes podemos extrair quatro situações:

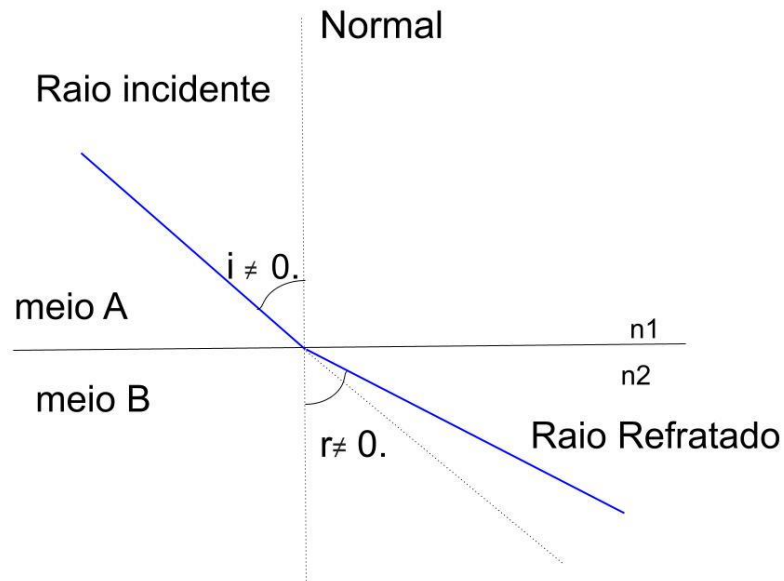
- Incidência normal,  $i = r = 0^\circ$ . O raio refratado não muda de direção, sendo  $n_1 \neq n_2$ , apresentado na Figura 4.

Figura 4: Representação do raio incidente incidindo a zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo de zero grau, mesmo os meios A e B tendo índices de refração diferente.



- O raio de luz com incidência oblíqua, passa de um meio de maior refração para um meio de menor refração, assim o raio refratado se afasta da normal, com  $n_1 > n_2$ . Como apresentado na Figura 5.

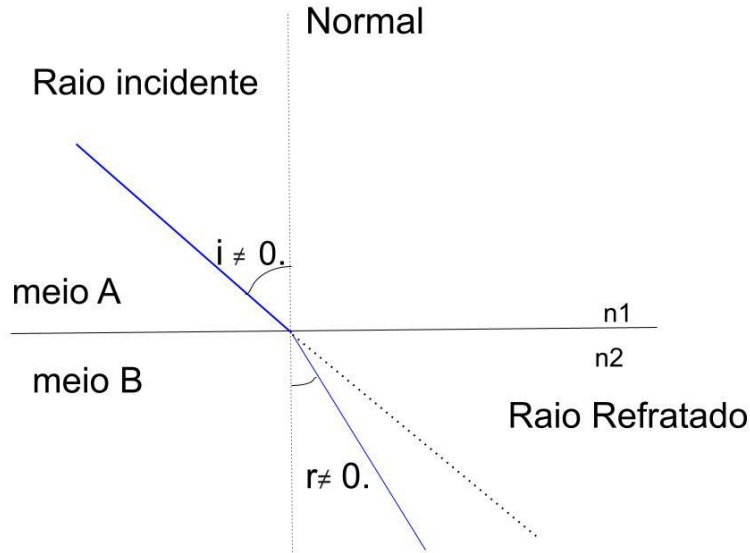
Figura 5: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente de zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferentes.



Fonte: A autora, 2021

- O raio de luz com incidência oblíqua, passa de um meio de menor refração para um meio de maior refração, assim o raio refratado se aproxima da normal, quando  $n_1 < n_2$ , apresentado na Figura 6.

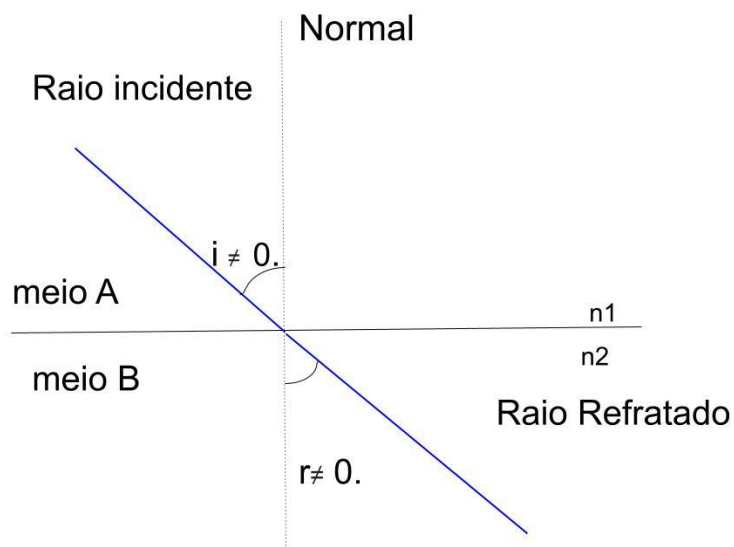
Figura 6: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente.



Fonte: A autora, 2021

- Se os índices de refração dos dois meios são iguais. O raio refratado não muda de direção, sendo  $n_1=n_2$ , observado na Figura 7.

Figura 7: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente.

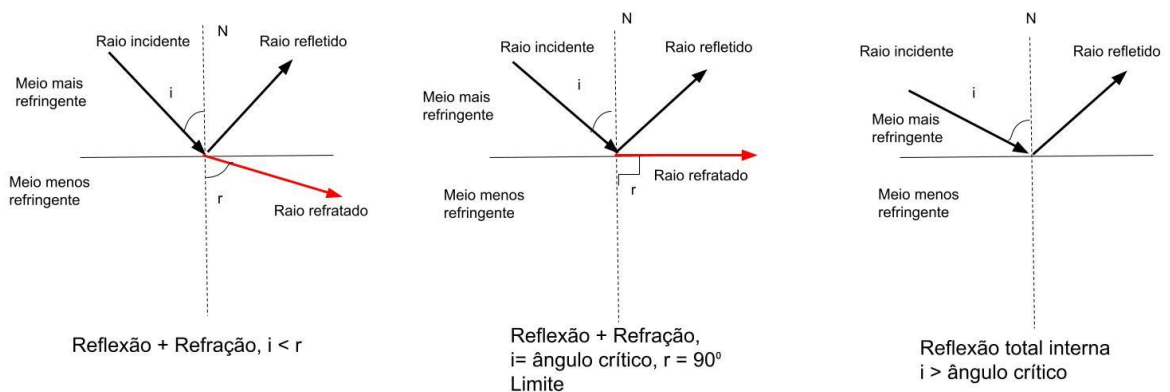


Fonte: autora, 2021

Nesse caso, como os meios apresentam a mesma refração, a luz não muda de velocidade ao passar do primeiro para o segundo meio, um é “invisível” ao outro. A esse fenômeno chamamos *continuidade óptica*.

Outro fenômeno relacionado à refração da luz é a reflexão interna total. Para que a reflexão interna total ocorra, a primeira condição é que a luz passe de um meio material mais refringente para um meio material menos refringente, pois nesta situação o raio refratado se afasta da reta normal, conforme explicado logo acima. Para ângulos de incidência pequenos ocorre a reflexão e a refração, mas à medida que se aumenta o ângulo de incidência, aumenta-se também o ângulo de refração, e se este processo for mantido chegará um momento que o raio de luz refratado será paralelo à superfície que separa os meios de propagação, ou seja, o ângulo do raio refratado em relação à reta normal será igual a  $90^\circ$ . Quando isto acontece, damos o nome de ângulo crítico ou ângulo limite para o ângulo que produziu o raio refratado paralelo à superfície. A partir de então, para ângulos de incidência maiores que o ângulo crítico nenhum raio de luz sofre refração, ou seja, a luz será toda refletida, isto é, ocorre a reflexão total da luz. Essas etapas podem ser visualizadas na figura 8, a seguir.

Figura 8 – Representação do fenômeno de reflexão total da luz



Fonte: A autora, 2021

Como já foi dito anteriormente o fenômeno de refração da luz possui diversas aplicabilidades no dia a dia, e para compreender melhor muitas destas se faz necessário o entendimento óptico de alguns objetos que permitem que a refração da luz ocorra em suas estruturas. Dentre muitos destes objetos ópticos podemos citar a

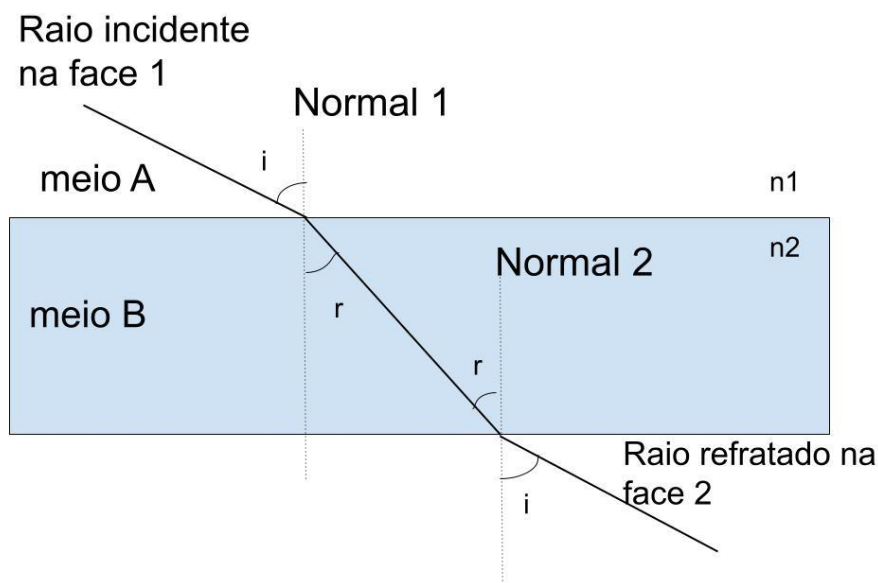
lâmina de faces paralelas e o prisma que possui comportamentos ópticos bem específicos que serão detalhados a seguir.

### 3.3 LÂMINA DE FACES PARALELAS

A lâmina de faces paralelas é um objeto óptico constituído por um meio material transparente no formato de uma fina placa que separa três meios materiais de estudo, a saber: o meio de entrada/incidência, o meio material que forma a lente, e o meio de saída/emergência (que é, normalmente, o mesmo de incidência). Um exemplo que se pode considerar é uma placa fina de vidro imersa no ar, ao se observar este exemplo é possível ver que a luz sofre sucessivas refrações em suas superfícies separadoras.

Nesta situação o raio de luz sofre dupla refração ao incidir na superfície separadora, a primeira ocorre na primeira interface (ar/vidro) e a segunda refração na segunda interface (vidro/ar). Devido ao princípio de Fermat, que diz que a luz ao percorrer uma distância entre dois pontos fará esta trajetória no menor tempo, o raio refratado dentro do vidro sofre um desvio de seu caminho, como é possível observar na Figura 9.

Figura 9: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralelas.



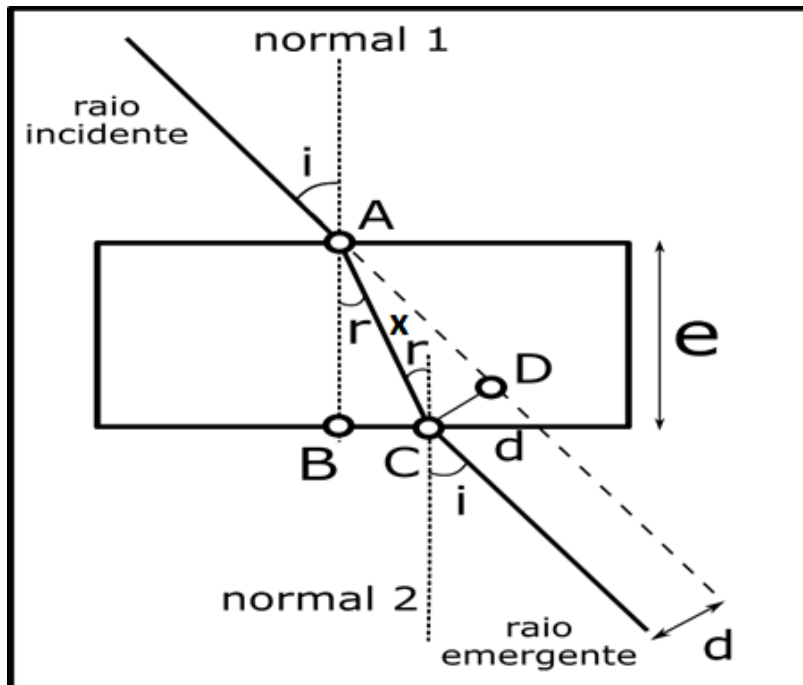
Fonte: Autora, 2021

Este desvio é chamado de desvio lateral e tem características específicas devido ao formato da placa fina e das refrações que ocorrem no processo. É possível



observar que o raio de luz que sai da segunda face separadora é paralelo ao raio que incide na primeira interface da placa fina, apresentado na Figura 10.

Figura 10: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralela, e seu comportamento óptico.



Fonte: a autora (adaptado).

Na figura acima (Figura 10) é possível observar os raios incidentes e refratados nas superfícies separadoras, assim como os ângulos. Onde  $i$  é o ângulo do raio incidente na primeira interface e o refratado na segunda face,  $r$  é o ângulo do raio refratado na primeira interface e  $r$  é o ângulo do raio incidente na segunda face,  $e$  é a espessura da placa e  $x$  é a hipotenusa dos triângulos ABC e ACD. Considerando os triângulos ABC e ACD, e usando um pouco de conhecimento de geometria é possível estabelecer uma relação matemática para este desvio lateral, que relaciona a espessura da placa fina e os ângulos do fenômeno. Assim temos:

$$\cos r = \frac{e}{x} \quad (3)$$

e

$$\sin(i - r) = \frac{d}{x} \quad (4)$$

Isolando  $x$  temos:

$$x = \frac{e}{\cos r} \quad (5)$$

$$x = \frac{d}{\sin(i-r)} \quad (6)$$

igualando as equações 5 e 6 temos:

$$\frac{e}{\cos r} = \frac{d}{\sin(i-r)} \quad (7)$$

assim:

$$d = \frac{e \cdot \sin(i-r)}{\cos r} \quad (8)$$

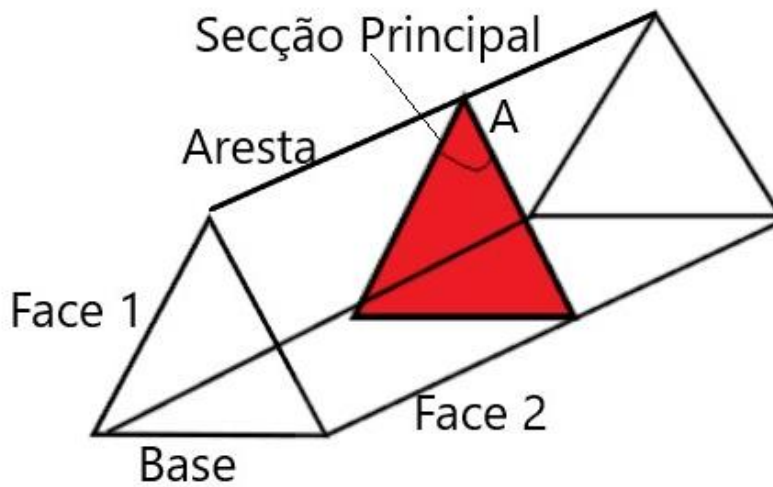
Onde  $d$  é o desvio lateral, ou seja, a distância entre a direção do raio incidente na primeira interface e a direção do raio refratado na segunda face da lâmina, também chamado de deslocamento lateral.

As lâminas de faces paralelas são muito utilizadas devido ao fato delas permitirem a luz sofrer desvios sem mudar sua direção de propagação.

### 3.4 PRISMAS ÓPTICOS

Geralmente, prismas ópticos são objetos com formato de prisma regular de base triangular, formados por um meio homogêneo e transparente. Possuem duas superfícies planas que não são paralelas entre si e que formam as faces do prisma. Por sua vez, essas faces se interceptam em uma das arestas do prisma (HEWITT, 2015). O ângulo que existe entre as duas faces do prisma é chamado de ângulo de abertura **A** ou de ângulo de refração. Geralmente os prismas ópticos possuem o formato triangular, na Figura 11 pode-se observar algumas características do prisma triangular.

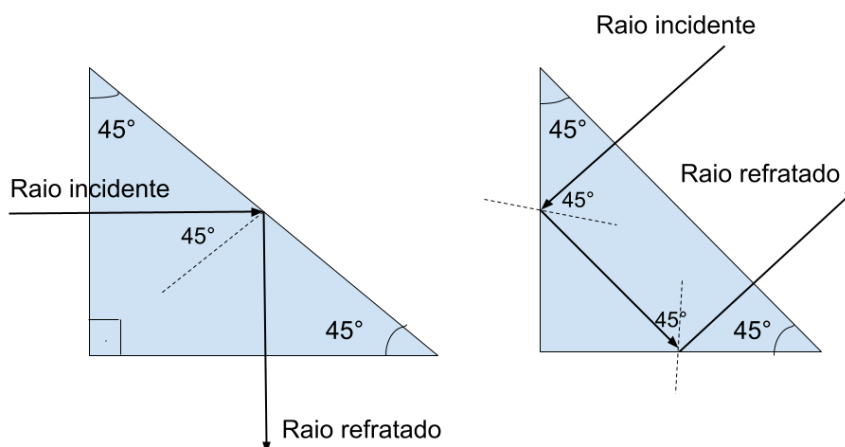
Figura 11: Representação do prisma, com suas características.



Fonte: A autora, 2021

Diferentemente da lâmina de faces paralelas que produz um desvio lateral, o prisma por suas características geométricas e refrativas gera um desvio angular quando raios de luz incidem em suas faces, na Figura 12 é possível observar duas situações as quais os raios de luz sofrem a refração ao passarem pelo prisma triangular.

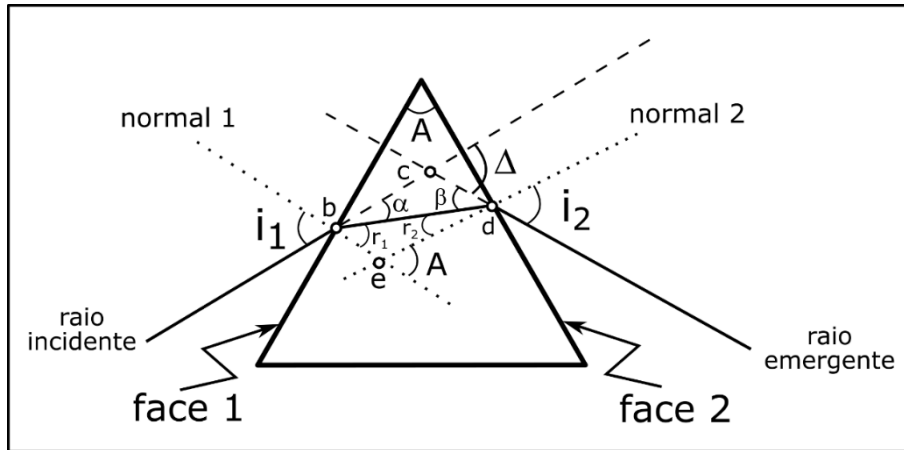
Figura 12: Representação do prisma, com o desvio angular. Nas figuras estão representadas duas situações de desvio angular do prisma, que permitem reflexões internas do raio de luz.



Fonte: A autora, 2021

É possível estabelecer este desvio analisando o comportamento físico do raio de luz que incide no prisma, este comportamento está apresentado na Figura 13.

Figura 13: Representação do comportamento óptico do prisma supondo estar imerso em um meio homogêneo e transparente.



Fonte: Andrade, André Vitor.

Ao incidir na primeira interface, face 1, o raio incidente, incide com o ângulo  $i_1$  e refrata com um ângulo  $r_1$ , esse se propaga pelo prisma até encontrar a segunda interface, a face 2, incidido com o ângulo  $r_2$  e refratando  $i_2$ , emergindo para o meio de origem do raio incidente, como pode ser verificado na Figura 13. É possível observar que existe uma angulação entre o raio de luz incidente e o raio emergente, o ângulo  $\Delta$ .

Pode-se observar que o raio incidente e o raio emergente não são paralelos, o que indica um desvio angular  $\Delta$ . Na Figura 13 são observados, também, o desvio angular na primeira interface  $\alpha$  e o desvio angular na segunda interface  $\beta$ , considerando o triângulo com o raio no interior do prisma e o ângulo de abertura e relações geométricas conclui-se que:

$$A + (90 - r_1) + (90 - r_2) = 180 \quad (9)$$

$$A + (90 + 90) - (r_1 + r_2) = 180 \quad (10)$$

$$A = r_1 + r_2 \quad (11)$$

A é o ângulo de abertura ou de refração entre as faces.

Analisando o comportamento dos ângulos de incidência e de refração tem-se:

$$\Delta = \alpha + \beta \quad (12)$$

$\Delta$  é o desvio total

Temos também que:

$$\alpha = i_1 - r_1 \quad (13)$$

$\alpha$  é o desvio angular na primeira interface.

$$\beta = i_2 - r_2, \quad (14)$$

$\beta$  é o desvio angular na segunda interface.

Assim tem-se:

$$\Delta = i_1 - r_1 + i_2 - r_2,$$

$$\Delta = i_1 + i_2 - (r_1 + r_2),$$

$$\Delta = i_1 + i_2 - A \quad (15)$$

Que permite o cálculo do desvio angular total em função dos ângulos do raio de luz incidente na primeira face e do raio emergente na segunda face e do ângulo de abertura.

Analisando o comportamento óptico do prisma percebe-se que existe um desvio mínimo, apresentado na Figura 14, quando os ângulos de incidência do raio na primeira interface e o ângulo do raio refratado na segunda interface são iguais, sendo assim as equações do desvio total:

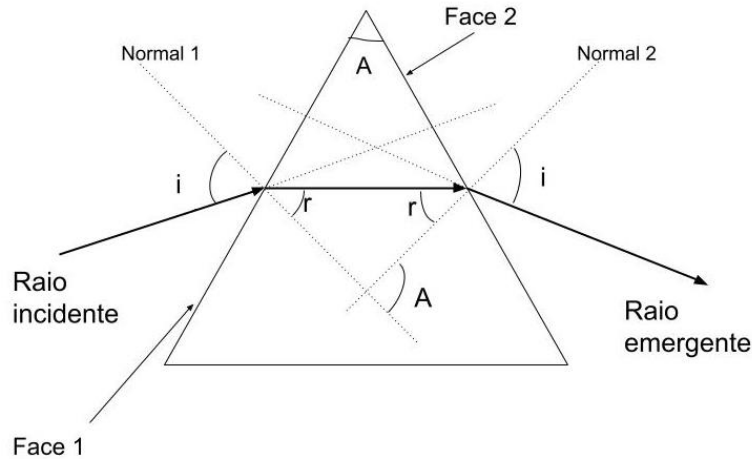
$$i_1 = i_2 = i \quad (16)$$

nestas condições a segunda lei da refração:

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2, \quad \text{assim} \quad \text{temos}$$

$$r_1 = r_2 = r \quad (17)$$

Figura 14: Representação do comportamento óptico do prisma, com o desvio mínimo.



Fonte: A autora, 2021

Nestas condições conclui-se que, como mostra a Figura14:

$$A = 2r \quad (18)$$

$$\Delta_m = 2i - A \quad (19)$$

$$\Delta_m = 2i - 2r = 2(i - r) \quad (20)$$

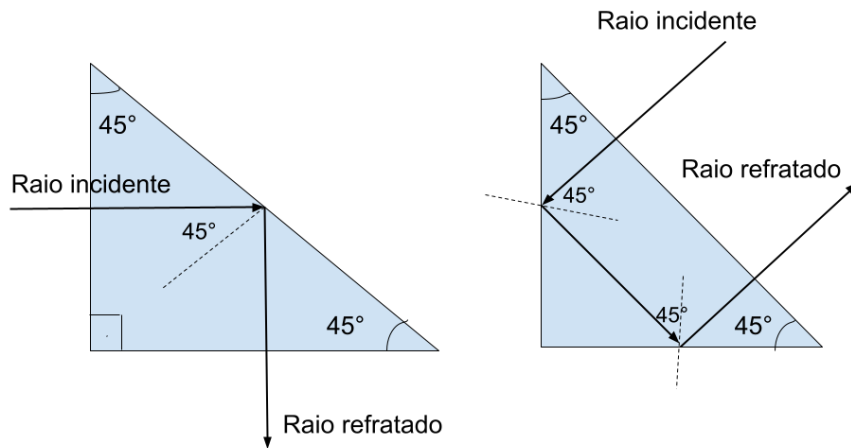
$\Delta_m$  é a equação para o desvio mínimo em um prisma triangular.

Além do desvio angular, outros fenômenos ópticos de interesse que ocorrem nos prismas são: a dispersão da luz (decomposição da luz policromática branca em suas componentes) e a reflexão total, visto que o desvio da luz dentro do prisma pode ser suficiente para vencer o ângulo limite.

O prisma de Amici tem a característica de refletir a luz que incide nele a um ângulo de  $90^\circ$  com a superfície incidente, e o prisma de Porro faz com que a luz que incide nele sofra uma reflexão a um ângulo de  $180^\circ$  com a superfície incidente, fazendo uma inversão no sentido do raio de luz, representados na Figura 15. Nas duas situações o prisma é formado por um triângulo isósceles, mas é posicionado de formas diferentes frente ao raio de luz. Estes tipos de prismas são muito utilizados na

substituição de espelhos planos na construção de instrumentos ópticos, permitindo um melhor aproveitamento da luz que é refletida.

Figura 15: Representação dos prismas de Amici e Porro.



Fonte: A autora, 2021

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Esta é uma pesquisa de caráter qualitativo que buscará evidências de aprendizagem de conceitos relacionados à refração luminosa em uma turma de ensino médio por meio da aplicação de uma sequência didática, construída durante o desenvolvimento do trabalho.

O referencial teórico para elaboração, aplicação e avaliação das aulas são os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David P. Ausubel e Joseph Novak. A confecção e aplicação da sequência didática fundamentou-se no modelo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, proposta pelo professor Marco Antônio Moreira, que melhor se adequava ao marco teórico adotado.

Optou-se por método de avaliação o uso dos mapas conceituais, com base na sugestão do próprio Marco Antônio Moreira e nos trabalhos do educador estadunidense Joseph Novak.

### **4.2 LOCAL DE APLICAÇÃO E SUJEITOS DE PESQUISA**

O produto educacional foi aplicado nas aulas de física, durante 5 dias não consecutivos, do Colégio Graciosa, em Quatro Barras, Paraná, durante o terceiro bimestre de 2019, em uma turma de 3ª série do Ensino Médio, na qual estavam matriculados 11 alunos. O conteúdo trabalhado com os alunos durante a sequência de aulas foi refração da luz, com objetivo que estes vivenciassem o fenômeno de uma forma diferente da qual eles já haviam feito na 2ª série do ensino médio em 2018, o que permite supor que estes possuam algum conhecimento prévio referente ao assunto. Esse conteúdo, assim como os outros trabalhados no segundo semestre de 2019, foram uma revisão de conceitos, uma vez que o colégio adota um sistema de apostila no qual eles concluem os conteúdos de física do ensino médio em dois anos e meio. Ressalta-se que a sequência sugerida poderá ser aplicada independentemente do material de apoio adotado pela escola – apostila, livro didático, livros online etc.



## 4.1 O PRODUTO EDUCACIONAL

### 4.1.1 Construção da UEPS

A autora deste trabalho sempre teve um grande interesse pela temática da óptica, porém viu e percebeu que quando se tratava do ensino de física no que tange ao conceito de prismas e lâminas de face paralelas as turmas apresentam uma grande dificuldade de compreensão. Isto acabou por instigar o desenvolvimento de um trabalho voltado a este tema principalmente após participar das aulas de experimentação durante o mestrado, as quais demonstraram para a mesma que era possível facilitar a compreensão dos conceitos ópticos envolvidos com estes objetos.

A construção da unidade de ensino potencialmente significativa se deu pelo fato de possibilitar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes buscando aumentar a complexidade envolvendo os fenômenos estudados, adequando-se aos princípios da TAS.

Com isto, após a escolha do tema a ser trabalhado, a autora buscou desenvolver a UEPS baseando-se nas premissas sugeridas pelo professor Marco Antônio Moreira para o desenvolvimento desta ferramenta. A produção se deu com o objetivo de aumentar a cada aula o nível de complexidade, procurou propor aos estudantes questões, problemas e situações, buscando provocar um desenvolvimento cognitivo destes em relação ao tema estudado.

Assim, a autora desenvolveu 5 momentos (aulas) nos quais procurou-se trabalhar os sete passos da aplicação da UEPS, primeiramente através da demonstração de experimentos relacionados da refração da luz, com o intuito de evidenciar os subsunçores sobre o tema. Depois foram propostos três momentos (aulas) nos quais os estudantes iriam desenvolver e vivenciar o fenômeno de refração da luz através de atividades experimentais em peças de acrílico em diferentes formatos, para eles pudessem assimilar, reconciliar e integrar os conceitos relacionados. E, por fim, através de um debate entre os estudantes deu-se a finalização aplicação da UEPS, cujo objetivo foi permitir que estes pudessem reorganizar hierarquicamente seu cognitivo em relação aos conceitos relacionados ao fenômeno de refração da luz em peças de acrílico.

#### 4.1.2 Planejamentos das aulas

As aulas foram planejadas de tal forma que possibilitasse os estudantes a vivenciar o fenômeno de refração da luz de diferentes formas, para que assim houvesse um aumento na complexidade em relação mesmo, assim como também assimilar, reconciliar, e diferenciar os conceitos associados ao tema.

Assim, os cinco momentos foram distribuídos da seguinte forma:

Momento 1: Uma aula de 45 minutos para levantamento de subsunçores através de pergunta e demonstração de atividade experimentais relacionadas ao fenômeno de refração da luz.

Momento 2: Duas aulas de 45 minutos com uma atividade experimental, com a atividade relacionada a refração da luz em uma peça de acrílico no formato de semidisco, objetivando propor uma primeira situação problema e apresentação do conceito de refração da luz. Este momento ocorreu 5 dias após o momento 1.

Momento 3: Duas aulas de 45 minutos com uma atividade experimental, com a atividade relacionada a refração da luz em uma peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas, com o intuito de dar uma continuidade no desenvolvimento cognitivo em relação ao tema e fazer uma diferenciação progressiva. O momento 3 ocorreu uma semana após o momento 2.

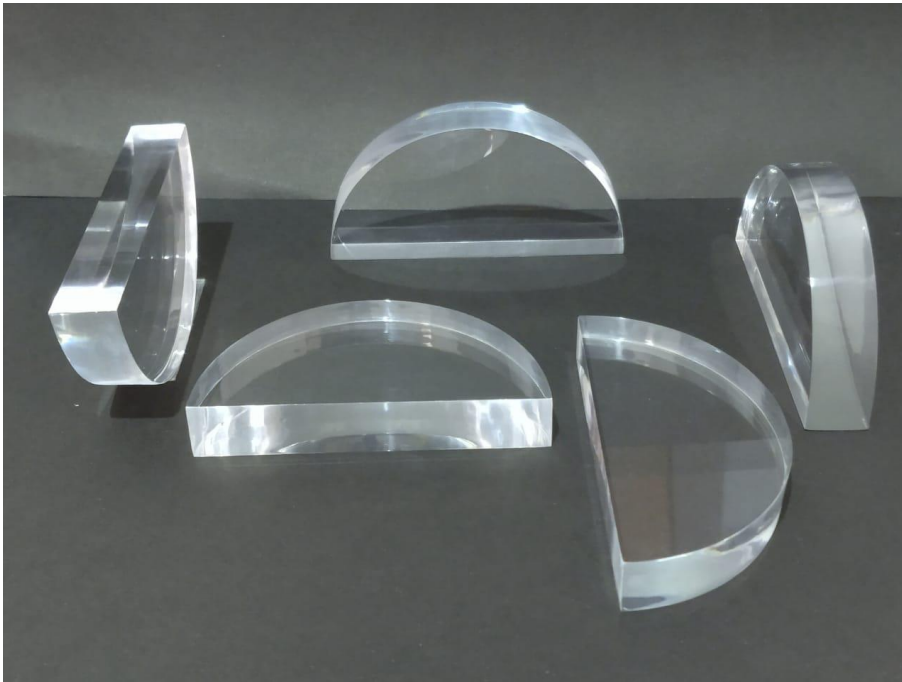
Momento 4: Duas aulas de 45 minutos com uma atividade experimental, com a atividade relacionada a refração da luz em uma peça de acrílico no formato de prisma triangular buscando aumentar o nível de complexidade relacionada ao fenômeno para que assim pudesse desenvolver uma reconciliação integradora e diferenciação entre os conceitos presentes no fenômeno de refração da luz. O momento 4 ocorreu uma semana após o momento 3.

Momento 5: Uma aula de 45 minutos com um debate e discussão entre os estudantes para que pudessem externalizar e verbalizar seus pensamentos em relação ao fenômeno estudado. O momento 5 ocorreu 3 dias após o momento 4.

#### 4.1.3 Materiais utilizados

Durante a execução do produto foram utilizadas três peças de acrílico nos formatos de semidisco, lâmina de faces paralelas e prisma. Estas foram confeccionadas em uma empresa que desenvolve peças em acrílico, localizada na região de Curitiba, Paraná. Comprou-se três kits contendo cinco peças de cada, estes kits ficaram no valor de R\$100,00 neste estabelecimento.

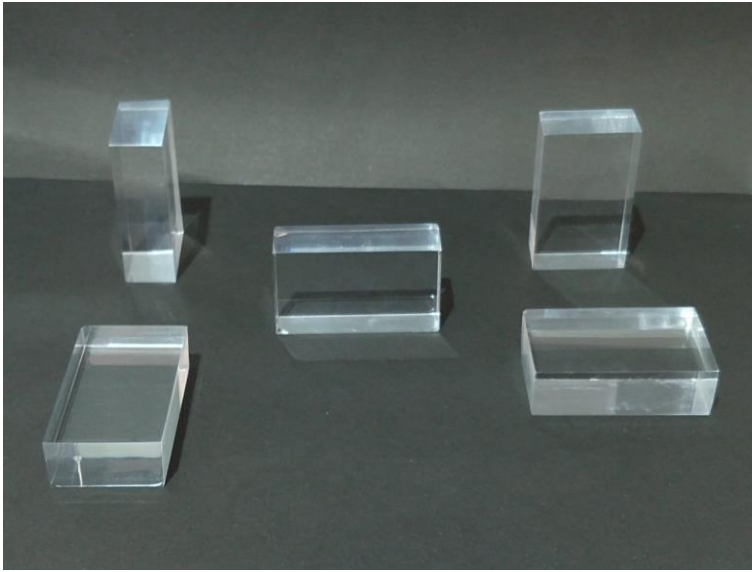
Figura 16. Kit de peças de acrílico no formato de semidisco



Fonte: Autora, 2021

As peças foram solicitadas com tamanhos específicos, seguindo as medidas das utilizadas em aula de experimentação na UEPG: o semidisco com um diâmetro de 9,0 cm, Figura 16. A peça de lâmina de faces paralelas 3,0 cm x 5,0 cm, apresentada na Figura 17, o prisma de faces de 4,0 cm, todas as peças possuíam espessura de 1,5 cm, na Figura 18. A autora percebeu durante as aulas que no caso das dimensões das faces do prisma e comprimento da lâmina de faces paralelas, talvez fosse interessante usar dimensões um pouco maiores, para uma melhor formação dos raios de luz desenhados no papel.

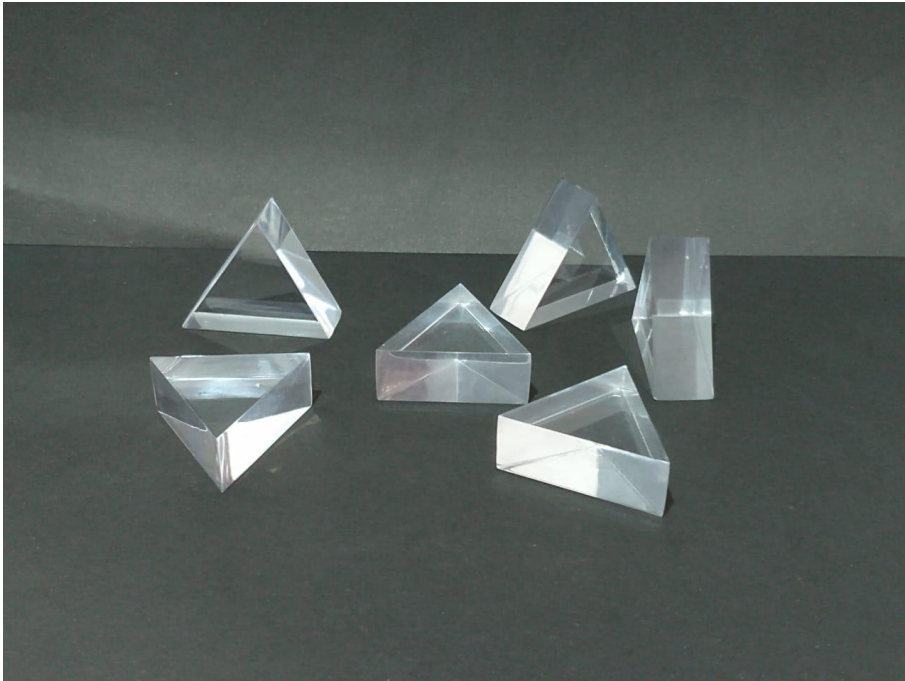
Figura 17. Kit de peças de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas.



Fonte: autora,2021

O uso de peças de acrílico se deu pelo fato de ser um material versátil e de fácil acesso, e como este material tem uma boa transparência para a luz visível, elas contribuíram muito para a observação do fenômeno da refração da luz. Outro fator determinante para o uso de peças de acrílico e lápis de cor para realização das práticas foi a não utilização de raio de laser para que o educando pudesse vivenciar o fenômeno de refração, pois o uso deste material pode gerar acidentes, colocando a integridade da saúde ocular dos estudantes em risco. Vale ressaltar que o custo dos materiais citados é bem menor comparado com o laser. É importante salientar que o comportamento óptico do traço desenhado – seja com lápis preto, lápis de cor, caneta ou outro material de escrita - e de um raio de luz, como no caso do laser, são diferentes. A luz se propaga pela peça de acrílico, já o traço não. Mas nas duas situações é possível observar as características do fenômeno de refração, uma vez que ao traçar um risco e observá-lo através da peça transparente, esse se torna um objeto que forma uma imagem por refração. Desse modo, o primeiro traço representa um raio de luz incidente, enquanto o segundo, sua continuação, representa um raio de luz refratado.

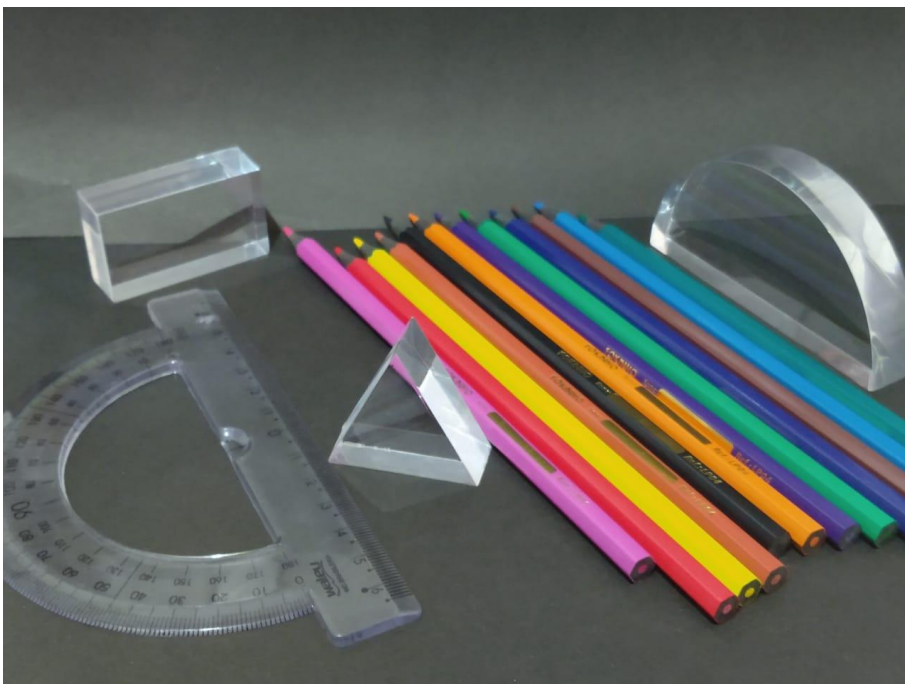
Figura 18. Kit de peças de acrílico no formato de prisma.



Fonte: autora,2021

Outros materiais também foram utilizados na aplicação do produto educacional. Por parte dos alunos foram utilizadas: folhas de papel sulfite, lápis de escrever, lápis de cor ou canetinhas coloridas e transferidor, Figura 19.

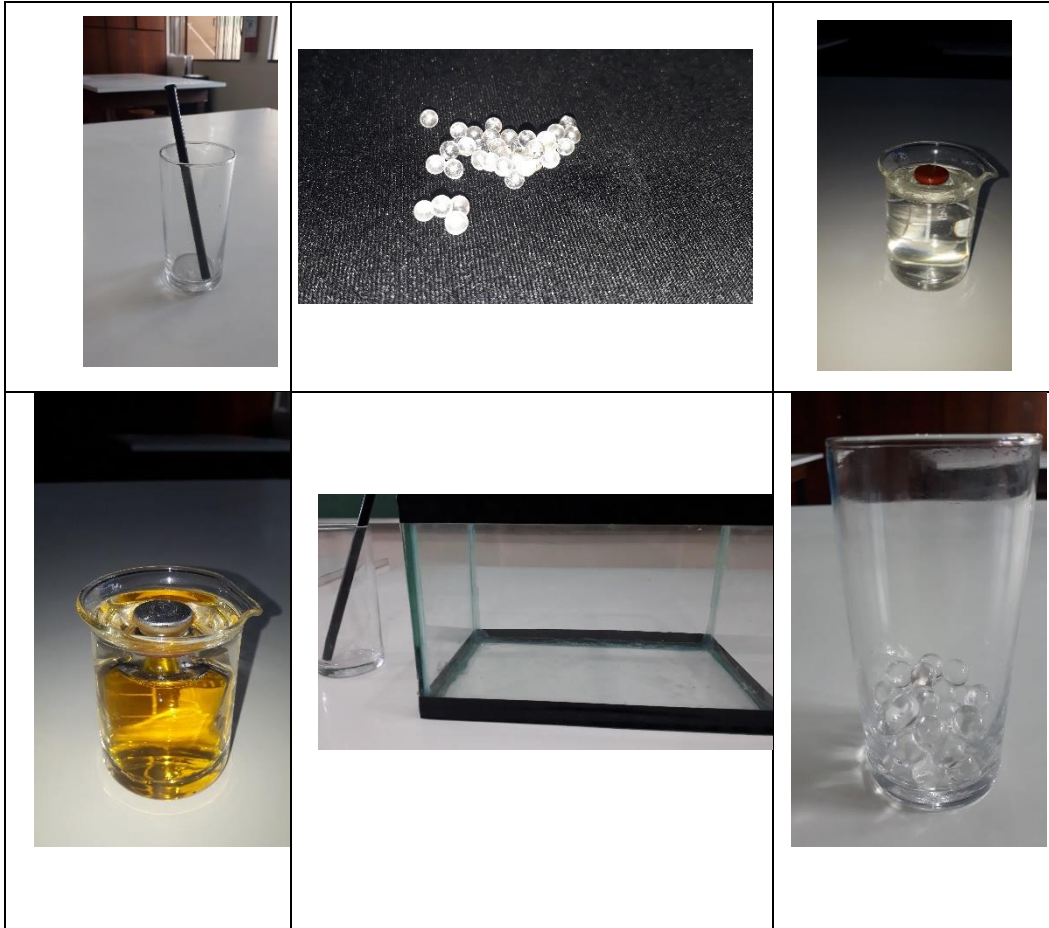
Figura 19: Materiais usados na aplicação do produto. Lápis de cor, transferidor, semidisco, lâmina de faces paralelas e prisma.



Fonte: autora, 2021

Nas demonstrações experimentais realizadas pela autora, empregaram-se: copo transparente, bolinhas de gel, glicerina, recipientes transparentes, água, corante, bastão preto, aquário e moeda, Figura 20.

Figura 20: Materiais usados na aplicação do produto para demonstração do fenômeno de refração da luz. Copo de vidro, bastão de plástico preto, bolinhas de gel, recipiente com glicerina, água, água com corante, aquário.



Fonte: autora.

#### 4.3.4 Aplicação da UEPS

O produto educacional foi aplicado nas aulas de física do Colégio Graciosa, em Quatro Barras, Paraná, durante o terceiro bimestre de 2019, em uma turma de 3ª série do Ensino Médio. Sendo assim nos próximos tópicos serão relatadas as aulas que foram desenvolvidas durante a aplicação do produto.

##### 4.3.4.1 Momento 1: Introdução da UEPS - Aula para levantamento de subsunçores.

Este primeiro momento foi realizado em uma aula de 45 minutos, o objetivo era fazer um levantamento dos conhecimentos prévios que os alunos tinham em relação ao fenômeno de refração da luz, para isto a autora solicitou que um dos alunos

ficasse responsável por anotar todos os comentários de seus colegas durante a discussão sobre refração da luz nesta aula e em seguida fez algumas perguntas a eles, tais como:

“Vocês conhecem o fenômeno refração?”;

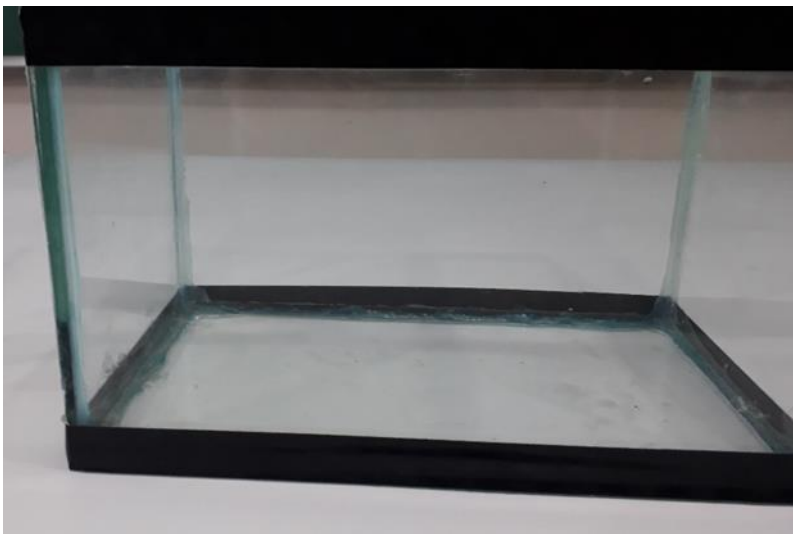
“O que é a refração da luz?”;

“Quais são os fatores que estão relacionados com ele?”;

“A refração da luz está presente no nosso cotidiano?”

Após este início foi demonstrado a eles alguns experimentos que permitiram observar a refração da luz. Na primeira demonstração foi utilizado um aquário vazio, o objeto utilizado está apresentado na Figura 21, depois colocou-se uma moeda, em todo o momento da atividade a autora indagava o que estava sendo observado. Em seguida colocou-se água dentro do aquário com a moeda possibilitando a observação das mudanças ocorridas.

Figura 21. Aquário utilizado para demonstração de atividade experimental

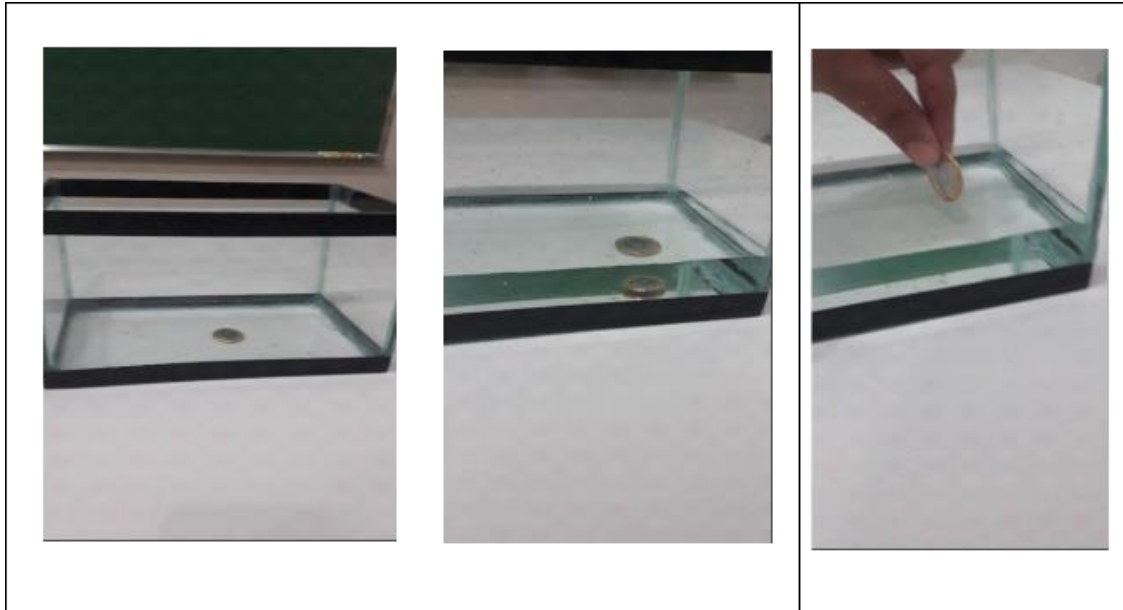


Fonte: autora, 2021

Neste momento a autora mostrou o aquário vazio para que os alunos fossem indagados posteriormente sobre as mudanças. Na Figura 22 é possível verificar as três situações: aquário, moeda, ar, aquário -moeda- ar e água e na última imagem desta figura é possível ver que realmente só havia uma moeda no aquário com água.



Figura 22. Aquário com moeda, Aquário com moeda e água. Etapas da atividade experimental com aquário.



Fonte: autora, 2021

Posteriormente foi apresentado a eles um copo com bolinhas de gel, Figura 23, as quais em contato com água aumentam de tamanho, por causa da absorção da água, no caso estas já estavam dilatadas. Essas bolinhas são aquelas geralmente usadas em vasos de flores, as quais existem em diferentes cores, mas foram escolhidas para a aula apenas as transparentes, para se alcançar o resultado desejado ao colocá-las na água, na Figura 24 é possível verificar estas bolinhas antes do contato com a água e depois de ficarem imersa em água. O objetivo neste momento da aula era indagar os alunos do porquê de ao colocarmos água no copo com as bolinhas de gel dilatadas, estas praticamente não são vistas pelos observadores. O intuito foi questioná-los como isto poderia ser explicado fisicamente.



Figura 23- Copo com bolinhas de gel.



Fonte: autora, 2021

Nesta etapa da aula, assim como na atividade experimental anterior, houve uma grande participação dos alunos, seja com comentários entusiasmados, seja com reflexões das possíveis causas do que estava sendo observado. Na figura 24 é possível observa a diferença das bolinhas de gel antes e depois do contato com água.

Figura 24- Bolinhas de gel. A: Bolinhas de gel sem estarem dilatadas. Figura B: Bolinhas de gel com volume maior após imersão em água.



Fonte: autora,2021

Na Figura 25 pode-se observar o que acontece ao colocar as bolinhas de gel com água no copo, as bolinhas praticamente não são visíveis.

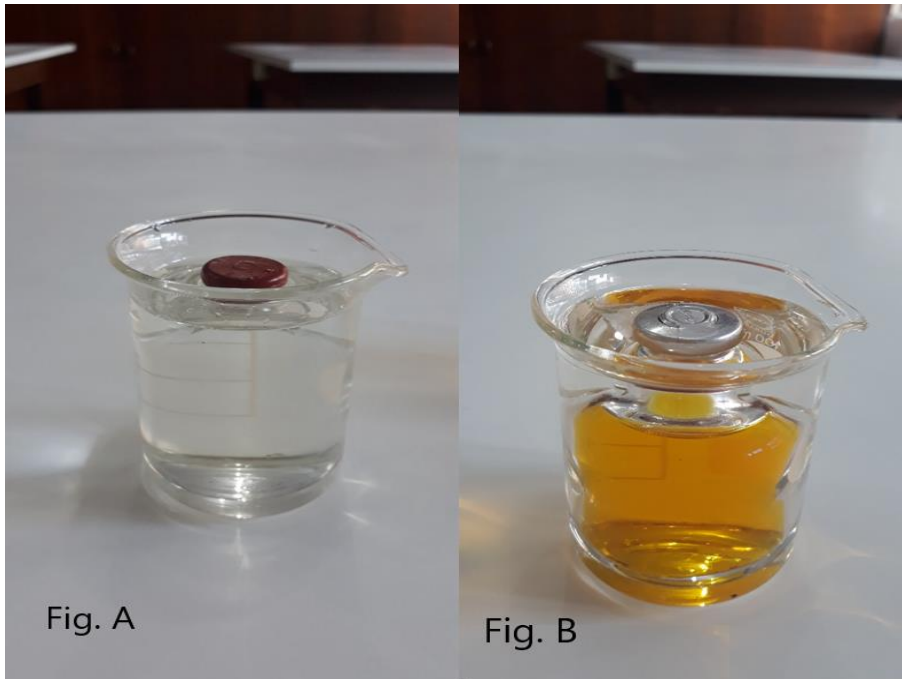
Figura 25- Copo com bolinhas de gel e água.



Fonte: autora, 2021

A próxima atividade experimental a ser mostrada para eles seguia a mesma ideia do experimento com as bolinhas de gel, usando agora dois recipientes de vidro contendo glicerina, para que fosse discutido em grupo o porquê de, quando colocados um dentro do outro, a impressão era de não termos mais dois objetos. Neste instante também foi exposto para eles um recipiente de vidro com glicerina e dentro deste um recipiente também de vidro, porém com água e corante para que pudessem vivenciar as diferenças destes dois fenômenos. Na figura 26 há duas imagens de recipientes na Figura 26- A tem-se o recipiente de vidro com glicerina e mais um recipiente dentro com glicerina, já na Figura 26- B tem-se o recipiente de vidro com glicerina, mas agora dentro deste há um recipiente de vidro com água e corante.

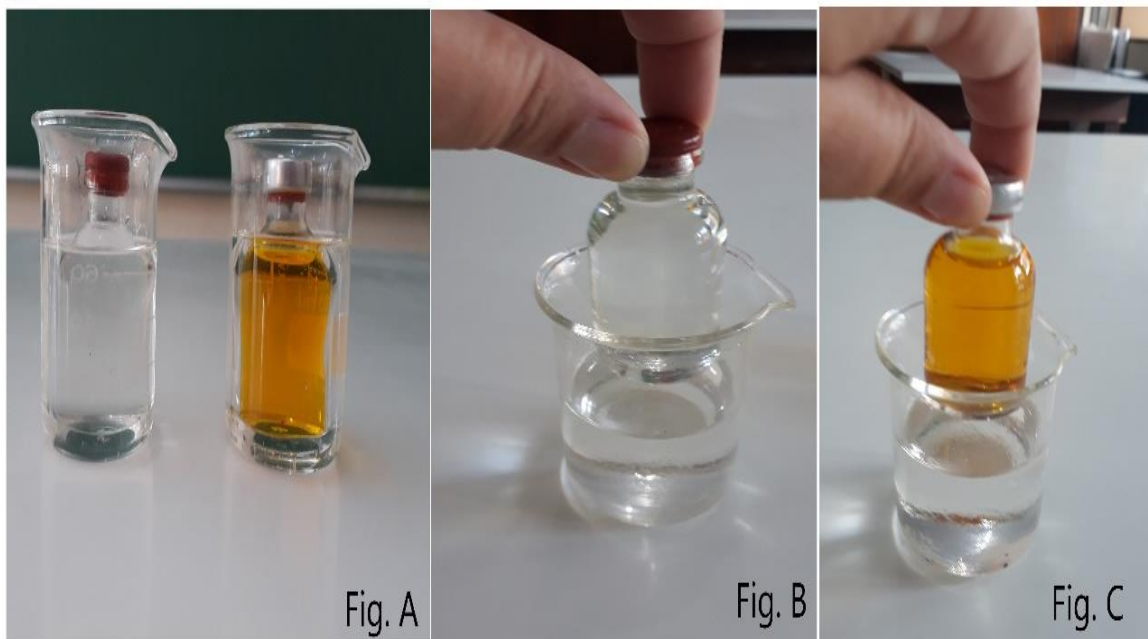
Figura 26- Recipientes com glicerina e água com corante. Dois recipientes com glicerina Figura A, dois recipientes um com água e corante e o outro glicerina Figura B.



Fonte: autora, 2021

Na Figura 27 a autora faz uma demonstração através das três imagens da situação citada acima, mostrando a diferença entre os dois recipientes da Figura 26.

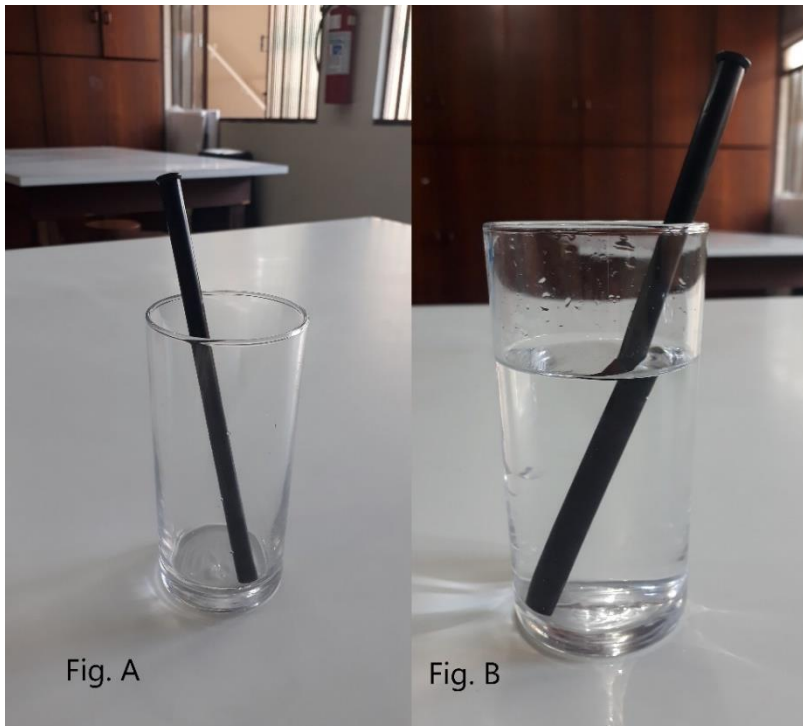
Figura 27- Recipientes com glicerina e água com corante Figura A. Tirando os recipientes de dentro da glicerina Figura B e Figura C.



Fonte: autora, 2021

Em um próximo momento foi mostrado aos estudantes um copo primeiramente vazio, depois com um bastão preto e por último o mesmo copo com o bastão e água, Figura 28, com intuito de que eles conseguissem levantar alguns questionamentos referentes ao que estava sendo observado.

Figura 28- Copo com bastão e copo com bastão e água. Copo vazio com bastão, Figura A e copo com água e bastão, Figura B.

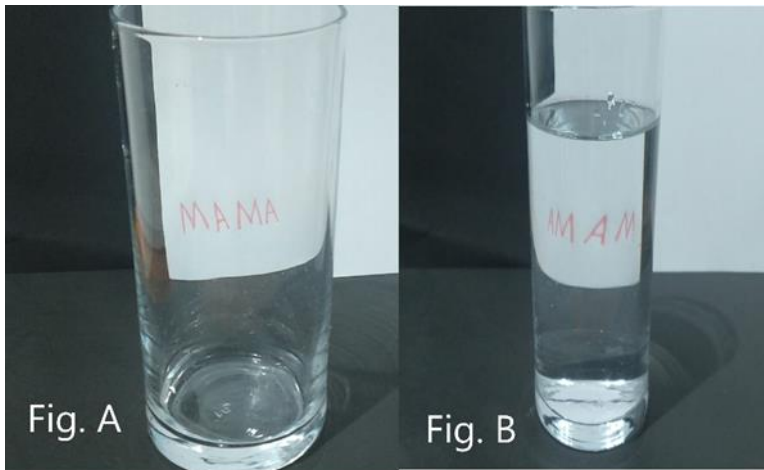


Fonte: autora, 2021

Em todas estas etapas a finalidade era conseguir sondar os possíveis subsunçores dos alunos, para que durante a aplicação da sequência didática, da UEPS, esses fossem utilizados como âncora para os novos conhecimentos que seriam apresentados no decorrer da aplicação do produto educacional.

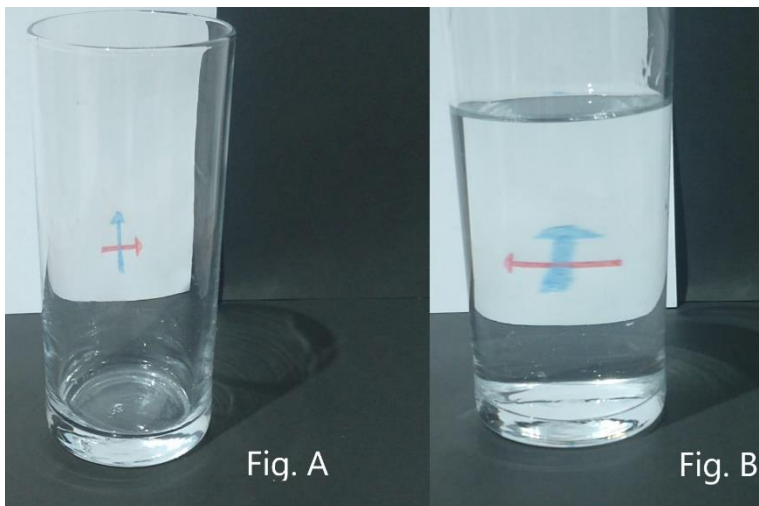
Vale mencionar aqui que a autora havia preparado cinco atividades experimentais para este primeiro momento, porém os estudantes sugeriram uma atividade, a qual também foi realizada. Eles escreveram uma palavra em uma folha de papel, encheram o copo transparente com água e colocaram esta palavra atrás do copo para observar o que acontecia quando se movia a palavra. Esta atividade sugerida pelos alunos está apresentada nas Figura 29 e Figura 30.

Figura 29 - Brincando com as palavras. A palavra "MAMA" copo sem água Figura A, com água a palavra "MAMA" sofre mudança para "AMAM" Figura B.



Fonte: autora, 2021

Figura 30 - Brincando com as flechas. As flechas e o copo sem água Figura A. As flechas com água, a flecha vermelha muda de sentido Figura B.



Fonte: autora, 2021

Ao final destas atividades experimentais e das discussões os alunos foram convidados a confeccionar mapas conceituais individuais para que se tivesse um registro do que estava presente no cognitivo deles sobre o fenômeno de refração.



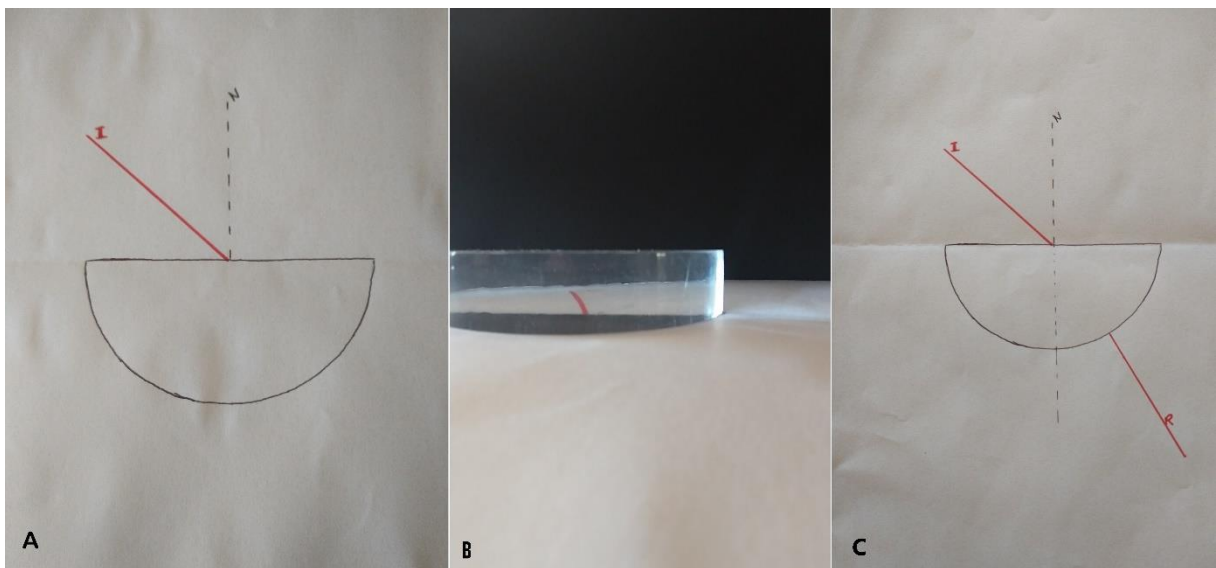
#### 4.3.4.2 Momento 2: Atividade experimental na peça de acrílico no formato de semidisco.

O segundo momento da UEPS iniciou-se com a leitura dos mapas conceituais que haviam sido feitos pelos alunos no primeiro momento. A leitura destes se deu para que eles conseguissem buscar em seus cognitivos os conhecimentos prévios que eles tinham em relação à refração da luz e para externalizar os mesmos, depois que todos terminaram a autora leu os comentários que haviam sido feitos e escritos em uma folha de papel sulfite pelo educando que foi escolhido no primeiro momento para tal.

Após a leitura, iniciou-se a atividade experimental com a primeira peça de acrílico no formato de semidisco. Os alunos se dividiram em grupos formados com até três integrantes, a autora entregou para os grupos uma folha sulfite branca, uma peça de acrílico e um transferidor.

Eles desenvolveram a atividade com as orientações da autora. Inicialmente dividiram a folha ao meio - para que se pudesse distribuir melhor as características dos desenhos pela folha - depois foi solicitado que desenhassem a peça na folha, uma reta normal ao plano da peça, e em seguida, que traçassem uma linha com um lápis de cor, que representa o raio de luz incidente, conforme mostra a figura 31-A. Então, a partir do raio visualizado através da peça (figura 31-B), que desenhassem a sua continuação, que representa o raio refratado (figura 31-C).

Figura 31-Representação da peça de acrílico no formato de semidisco, vista do traço do raio incidente pela peça de acrílico e traço do raio refratado.



O uso de lápis de cor forte foi para uma melhor visualização, através da peça de acrílico, do traço desenhado, facilitando o desenho da sua continuação. Convém lembrar que o traço de lápis de cor não atravessa a peça de acrílico, como ocorreria com um raio de luz de um laser, por exemplo, mas que esse traço de se comporta como um objeto, e o que é visto é a imagem formada deste através da peça.

Cada grupo escolheu seu ângulo de incidência e, para terminar, eles observaram este raio através da peça, para que assim desenhassem o raio refratado. Na Figura 32 pode se observar um dos grupos com seu material de desenvolvimento da atividade experimental.

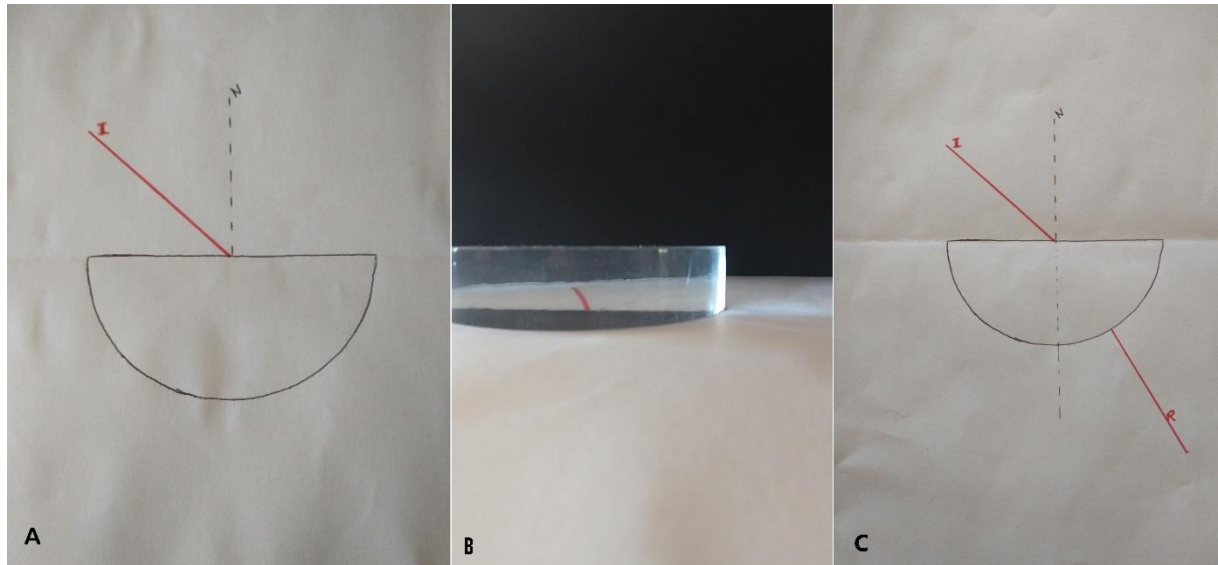
Figura 32: Alunos desenhando. Alunos analisando os desenhos, Figura A, medindo os ângulos, Figura B.



Fonte: autora.

Para a realização da atividade os alunos se movimentaram muito, procurando uma melhor forma de observação do raio incidente através da peça, para então traçar o risco da representação do raio refratado. Na figura 3x é possível observar a sequência esperada para realização desta atividade experimental: primeiramente traça-se a linha que representa o raio incidente e a reta normal; observa-se o raio incidente pela peça; traça-se a continuação do raio, representando o raio refratado.

Figura 33: Sequência dos raios traçados na folha de papel sulfite durante a realização da atividade experimental com a peça de acrílico no formato de semidisco.



Fonte: autora.

Depois que os grupos traçaram na folha de papel sulfite o raio de incidência, reta normal e refratado eles mediram com o transferidor os ângulos de incidência e de refração em cada grupo. Com estes valores eles calcularam o índice de refração do acrílico. Para tal, eles usaram a equação da lei de Snell-Descartes (Eq. 2). Em seguida, calcularam o erro percentual do índice de refração do acrílico, para isto usaram a equação de erro percentual

$$e_{\%} = \frac{|n_{2,1} - 1,49|}{1,49} \quad (21)$$

na qual o valor de 1,49 foi retirado da literatura e fornecido pela autora aos alunos.

Para finalizar este momento a autora conversou com os alunos para ver quais foram os valores que eles chegaram e para que os grupos trocassem informações sobre os dados encontrados. Discutiram-se também as possíveis causas dos valores encontrados para os erros, após o debate os alunos montaram um mapa conceitual individual, o objetivo era que eles colocassem as informações antigas e as novas que foram adquiridas nesta aula, o tempo total para este momento foi de duas aulas, ou seja, 90 min.



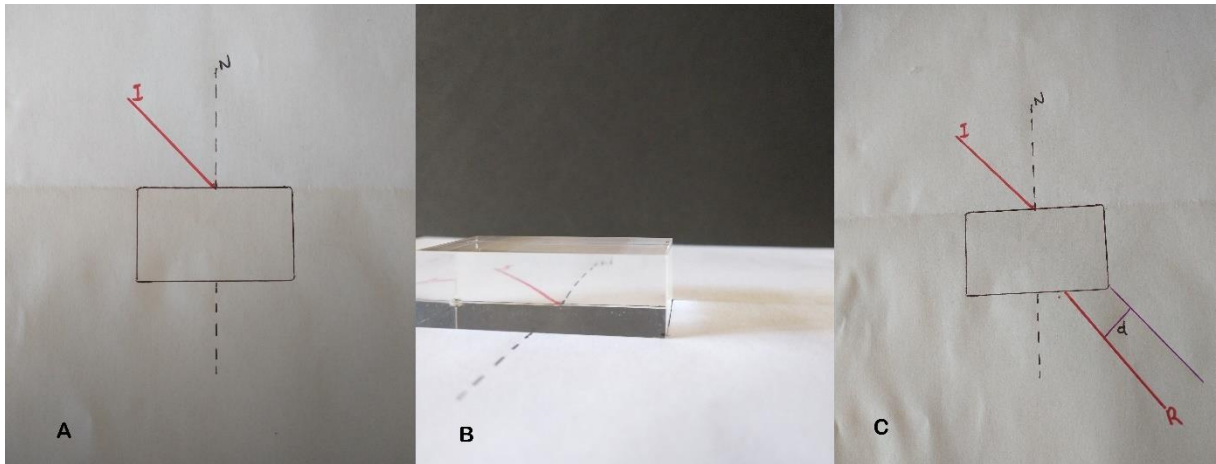
#### 4.3.4.3 Momento 3: Atividade experimental na peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas.

Para iniciar este momento os estudantes leram seus mapas conceituais para que houvesse novamente uma introdução ao conceito de refração da luz, lembrando que o desenvolvimento da UEPS buscou aumentar a complexidade do assunto. Assim sendo, nesta etapa eles foram convidados a vivenciar o fenômeno de refração da luz na segunda peça de acrílico, no formato de lâmina de faces paralelas.

Durante a leitura dos mapas conceituais a autora fez alguns apontamentos em referência ao que os educandos haviam descrito em seus mapas conceituais e ressaltou aquilo que havia em comum entre eles, para que assim eles também pudessem modificar as informações trabalhadas. Este momento possibilitou uma rica discussão sobre o fenômeno de refração da luz.

Ao término desta etapa da aula a autora solicitou para que os educandos se reunissem em grupo novamente para que eles pudessem desenvolver a atividade experimental com a peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas. Ela entregou a peça, uma folha sulfite, transferidor e lápis de cor. Novamente ela os orientou como seriam os procedimentos a serem realizados. Solicitou-se que fosse traçado uma linha no meio da folha sulfite, para uma melhor distribuição pela folha dos itens desenhados. Que desenhassem a peça na folha e traçassem a reta normal e o raio incidente, lembrando que esse deveria ser com uma cor forte para que conseguissem observar mais facilmente o traço do raio incidente na peça de acrílico. Em seguida eles observassem o raio através da peça de acrílico e desenhassem esse raio de luz no papel. Na figura 34 é apresentado uma sequência de imagens do que se espera das etapas da atividade experimental na lâmina de faces paralelas.

Figura 34: Sequência dos raios traçados na folha de papel sulfite durante a realização da atividade experimental com a peça de acrílico lâmina de faces paralelas.

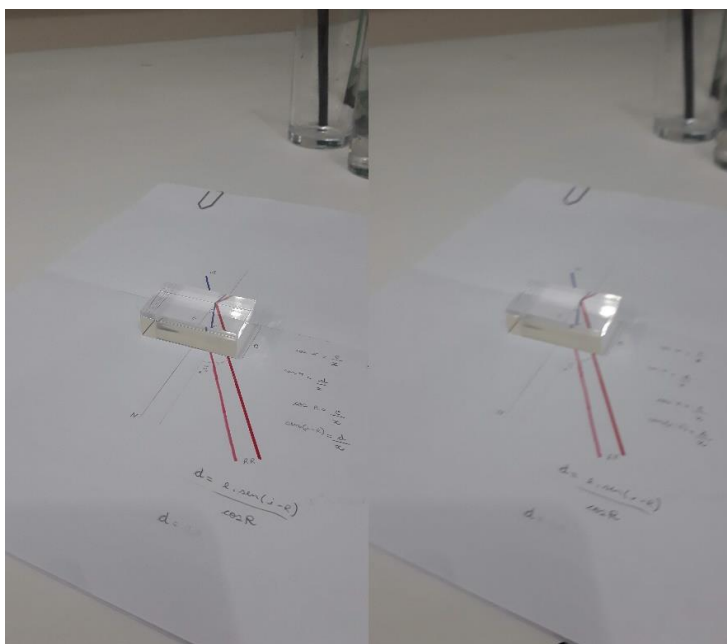


Fonte: autora, 2021.

Na figura 34-A observa-se o desenho da peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas, o traço do raio incidente e o traço da reta normal; já na figura 34-B observa-se o traço do raio incidente através da peça, lado o qual os alunos devem olhar para ver o raio incidente pela peça; e na figura 34-C pode-se perceber os traços dos raios incidente e refratado, assim como o traço da reta normal e a distância que representa o desvio lateral.

Na Figura 35 é possível ver um registro realizado por um dos grupos durante a etapa relacionada a peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas.

Figura 35 - Medindo o desvio lateral.



Fonte: autora.

Durante este momento 3, os alunos vivenciaram a refração da luz na peça de acrílico no formato de lâmina paralelas, determinaram o desvio lateral e comparam suas descobertas.

Após eles seguirem estes passos e terem em suas folhas a peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas desenhada, a reta normal, o raio incidente e o raio refratado desenhado, a autora requisitou que eles observassem o desenho e descrevessem o que estavam observando, para que juntos os grupos chegassem às conclusões referentes a esta atividade, inicialmente o objetivo era concluir que o raio refratado em uma peça de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas sofre um desvio lateral. Nesta aula também foi deduzido com os educandos a equação do desvio lateral, eles também mediram em seus desenhos esse valor em cada grupo. Em seguida os alunos foram novamente convidados a confeccionar um mapa conceitual individual para dar término a este momento. O momento 3 assim como o anterior teve a duração de 90 min, ou seja, duas aulas.

#### 4.3.4.4 Momento 4: Atividade experimental na peça de acrílico no formato de prisma.

Para iniciar o momento 4 os alunos novamente foram convidados a fazer a leitura de seus mapas conceituais, para que eles pudessem externalizar, reconciliar e assimilar os conhecimentos. Após esta leitura a autora anotou no quadro as conclusões feitas pelos estudantes em seus mapas conceituais individuais, para que assim eles pudessem visualizar o que foi exposto em comum em seus mapas e discutir o que foi observado, estas anotações ficaram no quadro, para que na segunda etapa da aula eles percebam as diferenças existentes entre as duas peças de acrílico, a lâmina de faces paralelas e o prisma.

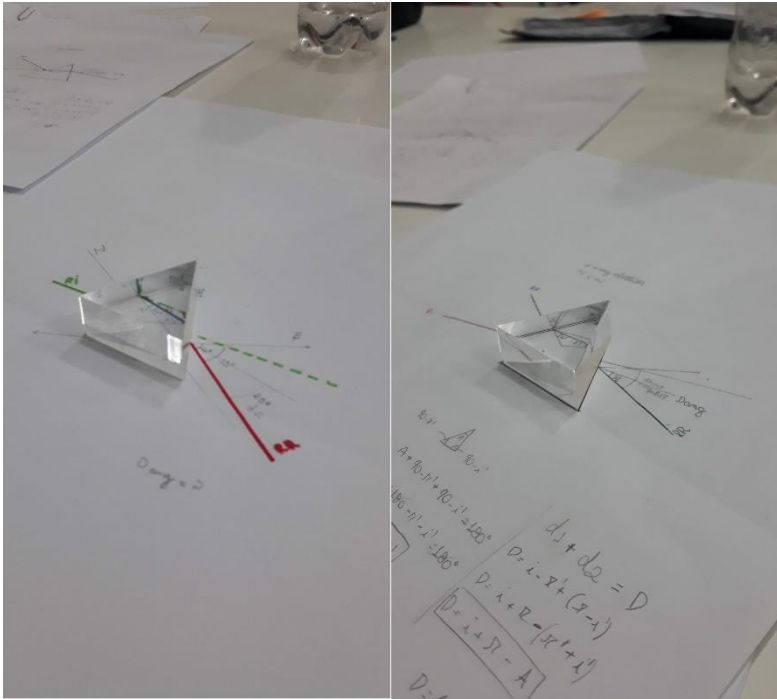
Após este momento da aula a autora entregou aos alunos o material que seria usado durante a realização da atividade, folha sulfite, transferidor, lápis de cor e a peça de acrílico no formato de prisma, e solicitou que eles desenhassem na folha a peça de acrílico no formato de prisma, o raio incidente e a normal. Em seguida a educadora solicitou que eles indicassem como que poderia ser desenhado o raio refratado na primeira face do prisma e o que acontece com este raio ao incidir na segunda face do prisma. Depois que eles concluíram que o raio incidente sofre duas refrações, uma na primeira interface e outra na segunda face, a autora indagou os educandos sobre o que acontece com o raio refratado ao sair pela segunda interface,

eles observaram que este raio sofre um desvio com um ângulo, que foi chamado de desvio angular.

Como a figura da lâmina de faces paralelas ainda estava no quadro eles tiveram a chance de refletir sobre as diferenças existentes nos dois fenômenos observados nas peças de acrílicos nos formatos de faces paralelas e o prisma. E eles perceberam que devido ao formato da lâmina o raio incidente sofre um desvio lateral e que no caso do prisma o desvio é angular.

Nesta atividade experimental foi possível relembrar as características do fenômeno de refração na luz em dois meios de índices diferentes, pois eles perceberam que quando a luz passa do ar para o acrílico o raio de luz refratado aproximou-se da normal, enquanto que quando passou do acrílico para o ar afastou-se da normal, neste momento foi reforçado o conceito de que ao incidir obliquamente a uma superfície que separa dois meios com índices de refração diferentes a luz pode se aproximar ou se afastar da normal, e isto depende se a luz está indo de um meio mais refringente ou menos refringente. Com o auxílio da autora os alunos determinaram a equação do desvio angular que ocorre nos prismas usando as relações com os ângulos. Após a determinação da equação eles foram convidados a observarem os desenhos que haviam confeccionado e a medir e calcular o desvio angular em cada grupo, durante esta etapa foi debatido com os estudantes quais seriam as condições para que ocorra o menor desvio. Na Figura 36 é apresentado um material desenvolvido por um grupo durante a atividade experimental com o prisma.

Figura 36 - Medindo o desvio angular.

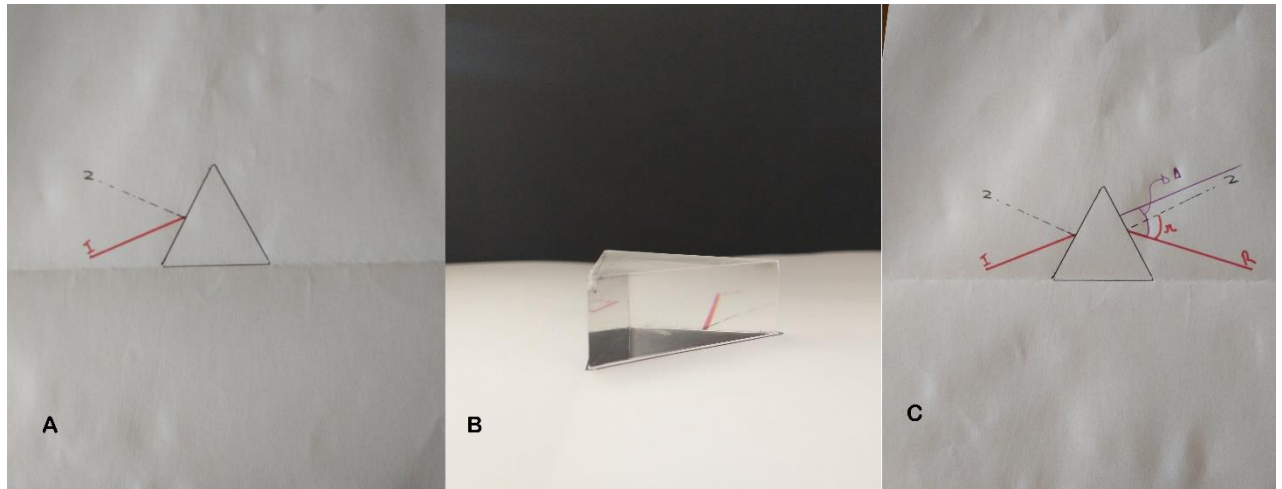


Fonte: autora.

Neste momento da UEPS os alunos vivenciaram a refração da luz na peça de acrílico no formato de prisma, medindo e calculando o desvio angular.

Na figura 37 pode-se observar a sequência de desenhos a serem feitos pelos alunos durante a atividade experimental com a peça de acrílico no formato de prisma. Na figura 37-A, os traços do raio incidente e da peça de acrílico no formato de prisma, figura 37-B vista do traço incidente pela peça e Figura 37-C traços do raio incidente e refratado e desvio angular.

Figura 37: Sequência dos raios traçados na folha de papel sulfite durante a realização da atividade experimental com a peça de acrílico no formato de prisma.



Fonte: autora, 2021

Para finalizar o momento 4 os estudantes confeccionaram um mapa conceitual individual. O tempo deste momento foram duas aulas novamente de 45 min cada, totalizando 90 min.

#### 4.3.4.5 Momento 5 - Fechamento da UEPS.

No início deste momento a autora trouxe algumas imagens em uma apresentação de PowerPoint do momento 1 para que se pudesse discutir com os estudantes o que foi abordado neste momento da sequência didática. O objetivo era que eles pudessem reviver os fenômenos observados e assim reorganizar seus conhecimentos sobre refração da luz, podendo assim fazer uma atribuição de novos significados a um dado subsunçor.

Após a apresentação das imagens a autora fez algumas perguntas aos alunos para mais uma vez possibilitar a eles um momento de ressignificação em suas estruturas cognitivas. Neste momento o objetivo era gerar uma discussão entre os estudantes sobre o fenômeno de refração da luz, sendo assim as perguntas foram:

“Se os índices de refração dos meios são iguais, o que acontece com o raio refratado?”;

“Se o índice refração do 2º meio é maior do 1º meio de refração o que acontece com o raio refratado?”;

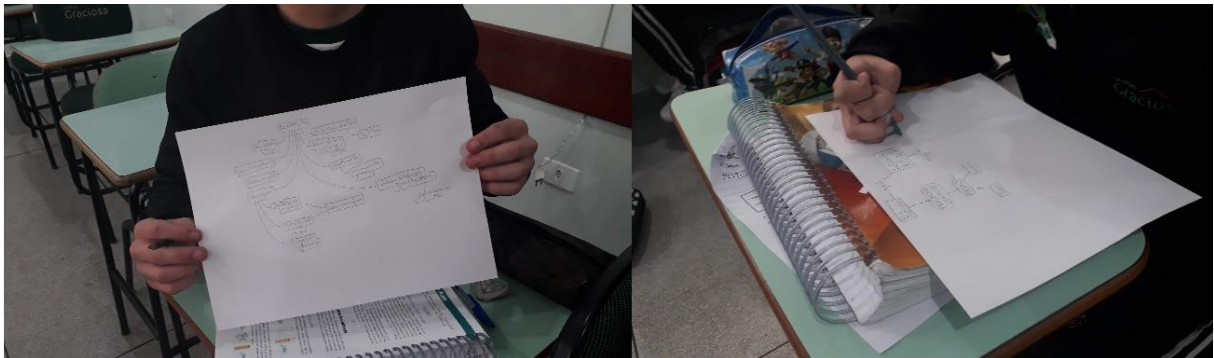
“Se o índice de refração do 2º meio é menor do 1º meio, o que acontece com o raio refratado?”

Neste instante eles tiveram a oportunidade de expor verbalmente o que eles haviam organizado em suas estruturas cognitivas, referente ao tema de refração da luz.

Em seguida foram feitas algumas discussões mais específicas em relação às peças de acrílico e os fenômenos observados em cada situação. Nesta hora o objetivo era observar se as novas informações referentes ao desvio lateral e desvio angular havia gerado alguma reconciliação com os subsunçores existentes no início da aplicação da UEPS.

Para finalizar este momento os alunos foram convidados a confeccionar um mapa conceitual referente à UEPS, o intuito era que eles expressassem no mapa conceitual toda a reorganização sobre o fenômeno de refração da luz e os fenômenos observados das peças de acrílico no formato de semidisco, lâmina de faces paralelas e no prisma. A duração deste momento foi de 45 minutos. Na Figura 32 está apresentado dois estudantes durante a confecção de seus mapas conceituais na conclusão da UEPS.

Figura 38. Alunos confeccionando seus mapas no momento 5.



Fonte: autora.

No próximo capítulo serão apresentadas as conclusões referentes à aplicação da UEPS.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ANALISANDO OS MAPAS CONFECCIONADOS DURANTE O PROCESSO.

Nesta parte do trabalho serão apresentados e discutidos os mapas desenvolvidos pelos estudantes durante a aplicação da UEPS, ressaltando que eles sempre foram convidados pela autora a analisar e a repensar os seus mapas conceituais durante o processo de aplicação da unidade.

Como já foi citado anteriormente, a UEPS foi aplicada em uma turma de 3 ano do ensino médio regular no Colégio Graciosa, na região metropolitana de Curitiba, estavam matriculados nesta turma 11 estudantes, os quais participaram da pesquisa aqui descrita.

Conforme foi relatado no desenvolvimento a UEPS teve cinco momentos os quais ao final de cada momento cada estudante confeccionou um mapa, com o objetivo de descrever os conceitos já existentes e os novos conceitos adquiridos no decorrer de cada momento.

Na primeira aula da UEPS, que ficou estabelecida como momento 1, a autora iniciou a aula com as perguntas “Vocês conhecem o que é refração da luz?”, “O que é refração da luz?”, “Quais fatores estão relacionados com este fenômeno?”. Estas perguntas além de serem utilizadas para iniciar a aula e instigar os mesmos, foram a questão central do primeiro mapa conceitual feito pelos alunos.

Em cada aula, momento, os estudantes foram estimulados com perguntas, feitas pela autora assim como por eles mesmos. Em três momentos eles foram convidados a realizar atividades experimentais para que pudessem vivenciar o fenômeno de refração da luz em diferentes peças de acrílico, assim como também aumentar o nível de complexidade dos conceitos envolvidos com o fenômeno estudado. Os planos de aulas destes momentos estão presentes no anexo deste trabalho para uma maior compreensão de como se deram estes momentos.

Dos onze estudantes matriculados na turma, apenas 9 participaram deste momento sendo que ao final todos desenvolveram um mapa conceitual individual desta etapa da aplicação da UEPS, a seguir serão apresentados em forma de figura os mapas criados por eles nesta aula. Lembrando que por questões de privacidade não serão tratados aqui por pelos seus nomes, mas por abreviações: Aluno 1 ou A 1; Aluno 2 ou A 2 e assim por diante.



O primeiro momento, o momento 1, os estudantes participaram de algumas demonstrações do fenômeno de refração a luz, como já foi descrito anteriormente. Após esta participação foram convidados a confeccionar seu primeiro mapa conceitual individual, neste instante eles deveriam colocar em seus mapas tudo aquilo que eles sabiam sobre este fenômeno. A seguir está sendo mostrado os mapas feitos pelos estudantes nesta aula.

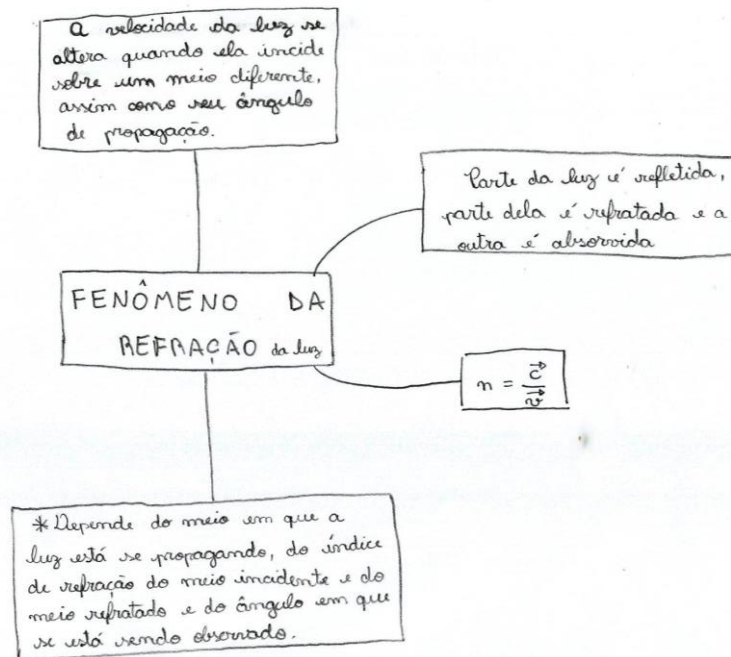
Figura 39. Mapa do aluno A1 do momento 1.



Fonte: A autora, 2021

Na Figura 39 está exposta o mapa do aluno denominado A1, nele é possível verificar apenas dois itens interligados ao fenômeno de refração da luz os quais não possuem proposições de ligação.

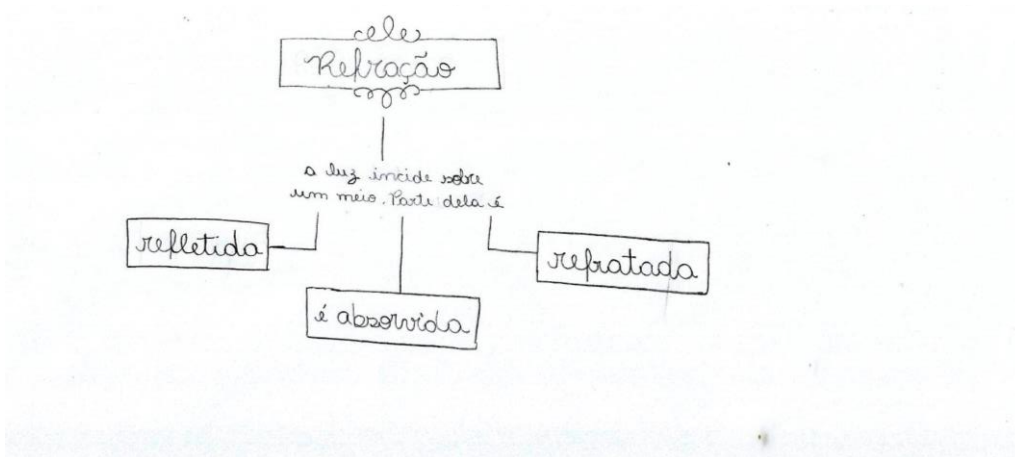
Figura 40. Mapa do aluno A2 do momento 1.



Fonte: A autora, 2021

No mapa do aluno A2, na Figura 40, é possível verificar uma quantidade maior de itens, mas ele ainda apresentou explicações no lugar dos conceitos, mostrando pouca habilidade com o uso das proposições para fazer as ligações entre os conceitos. Porém é possível observar algumas relações diretas com o fenômeno da refração da luz presentes.

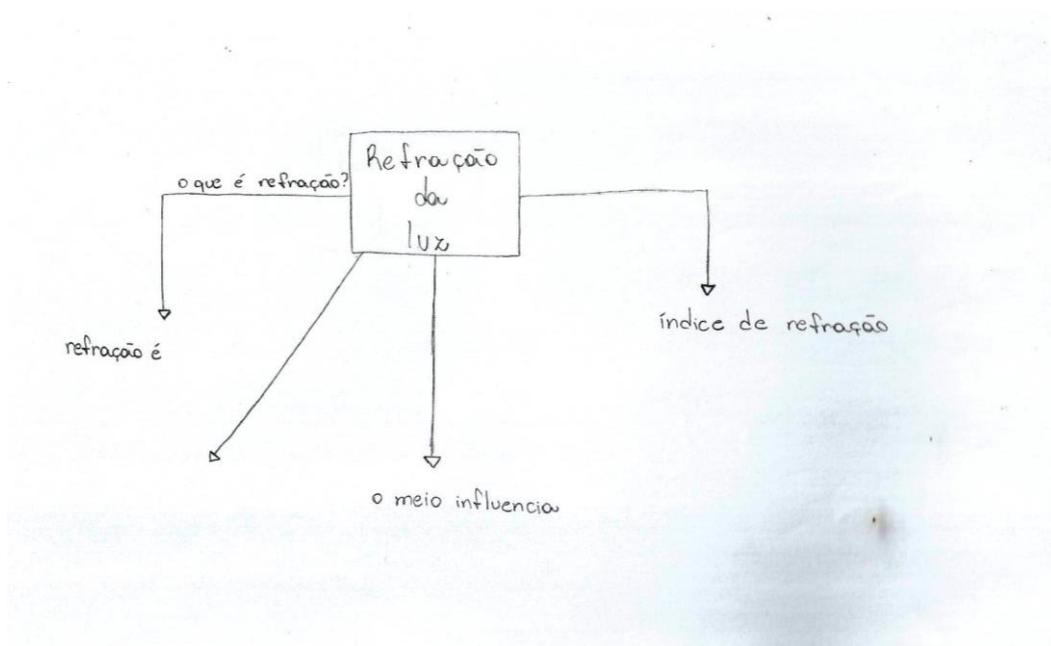
Figura 41. Mapa do aluno A3 do momento 1.



Fonte: autora, 2021

No mapa do aluno A3 figura 41, percebemos que ele usa os conceitos em caixa e entre as caixas já é possível perceber o uso de algumas proposições para fazer a ligação entre os conceitos, pode-se ressaltar que o mesmo apresentou algumas características do fenômeno de refração da luz.

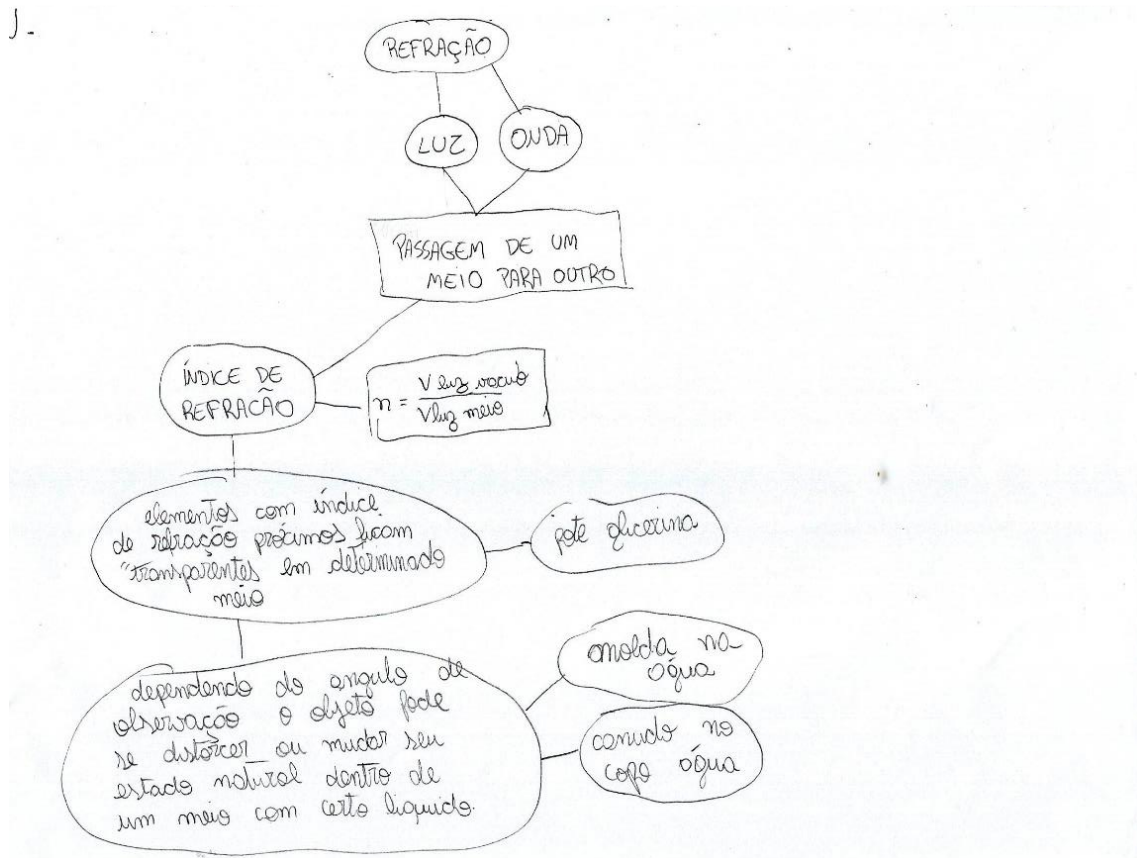
Figura 42. Mapa do aluno A4 do momento 1.



Fonte: autora, 2021.

No mapa do aluno 4, na Figura 42, podemos verificar o uso de setas para fazer a ligação entre os conceitos e perguntas como forma de proposição entre os conceitos para fazer a ligação, de uma maneira sutil. É observado também que ele mostra dois fatores relacionados ao fenômeno de refração da luz.

Figura 43. Mapa do aluno A7 do momento 1.



Fonte: autora, 2021.

No mapa do aluno A7, apresentado na Figura 43 apareceu uma quantidade maior de itens, mas ainda há uma dificuldade em diferenciar, os conceitos, as proposições e as interligações. Ele trouxe alguns elementos exibidos durante o momento, assim como algumas características do fenômeno.

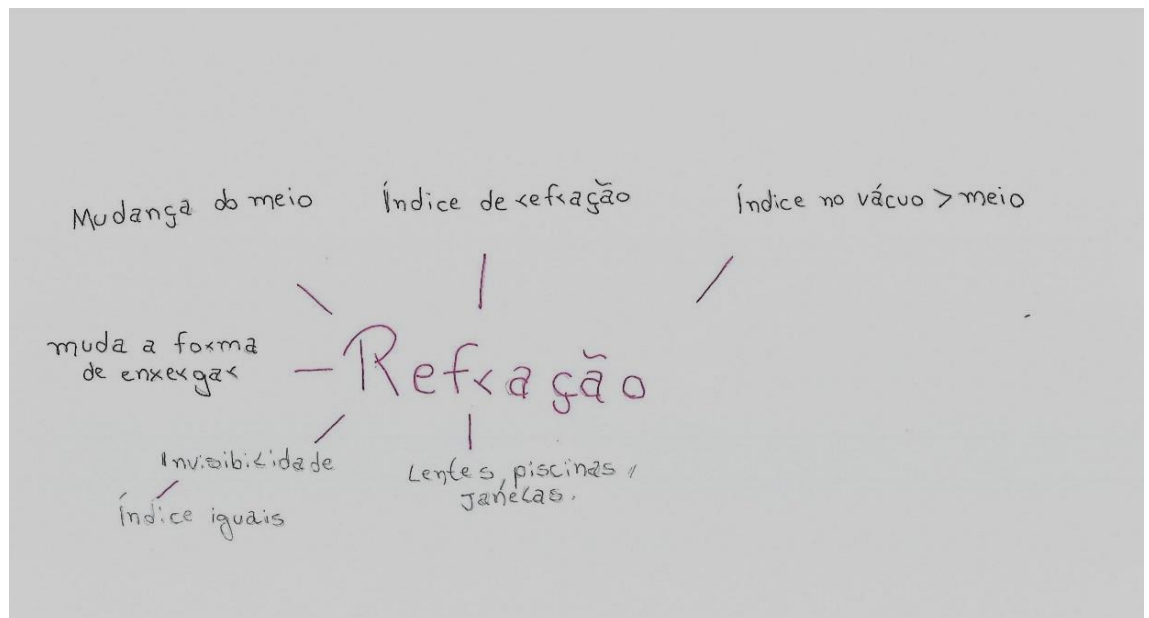
Figura 44. Mapa do aluno A8 do momento 1.



Fonte: autora, 2021.

No mapa do aluno A8 demonstrado na Figura 44 também é possível observar uma quantidade grande de itens relacionadas ao fenômeno de refração da luz, porém não possui as proposições de ligação entre os conceitos. É interessante como ele traz vários fatores com o fenômeno da refração da luz.

Figura 45. Mapa do aluno A9 do momento 1.

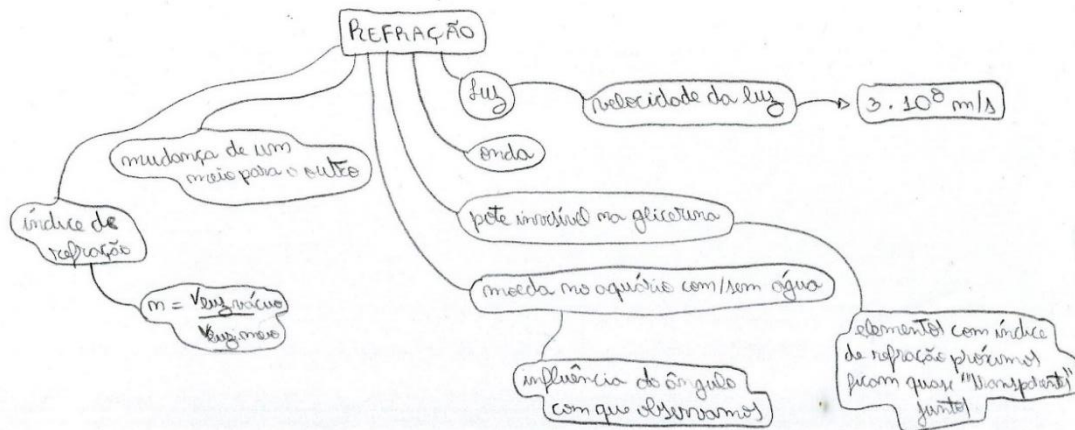


Fonte: autora, 2021.

No mapa do aluno A9, descrito na Figura 45 verifica-se uma quantidade de conceitos, mas não há as proposições de ligação. Demonstra que possui alguns

elementos frente ao fenômeno de refração da luz, além de fazer algumas relações com o cotidiano.

Figura 46. Mapa do aluno A10 do momento 1.



Fonte: autora, 2021.

O aluno A10 descreveu em seu mapa na Figura 46 alguns elementos relacionados ao fenômeno de refração da luz, alguns em forma de texto, alguns em forma de proposições. Apresentou conceitos referentes à refração da luz tais como a mudança de um meio para outro, índice de refração.

Figura 47. Mapa do aluno A11 do momento 1.



Fonte: autora, 2021.

O aluno A11 demonstrou neste momento uma familiaridade maior com a composição da produção de mapa conceitual, usando os conceitos e as proposições o mais próximo daquilo que se espera na confecção do mapa conceitual. Trouxe elementos ligados ao fenômeno, porém mais diretos com o fenômeno de refração da luz, apesar de ter apresentado alguns erros conceituais, conforme verifica-se na Figura 47.

O intuito do primeiro momento, o momento 1, da UEPS era fazer uma sondagem dos subsunçores existentes no cognitivo dos estudantes, assim como observar o quando que estes poderiam passar por modificações no decorrer da aplicação.

Com o levantamento dos subsunçores dos alunos a autora pode propor novas situações-problemas, para que estes pudessem gerar uma nova assimilação, assim como também fazer modificações e reconciliação entre os novos conceitos e os já existente em seu cognitivo.

Analisando o primeiro mapa de cada aluno foi possível observar que poucos possuíam uma maior facilidade na confecção dos mapas conceituais, o que possibilita uma maior compreensão dos conceitos envolvidos, enquanto a maior parte dos estudantes tinham pouca facilidade, dificultando um pouco mais a hierarquização dos conceitos envolvidos.

Outro fator observado no primeiro mapa individual feito pelos alunos, foi que praticamente todos tinham como subsunçor que a refração da luz é a passagem da luz de um meio para outro e que a velocidade da luz está relacionada com o meio de propagação. Alguns trouxeram como subsunçor o índice de refração assim como os ângulos relacionados no fenômeno.

No segundo momento da UEPS, momento 2, os alunos foram convidados a realizarem uma atividade experimental com a peça de acrílico no formato semidisco. Neste momento os alunos vivenciaram a refração da luz através do uso da folha de papel sulfite e o lápis de cor.

Eles foram divididos em grupos os quais confeccionaram os seguintes resultados da atividade experimental.

Figura 48. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 1.

$$n_1 \cdot \sin \alpha_i = n_2 \cdot \sin \alpha_r$$

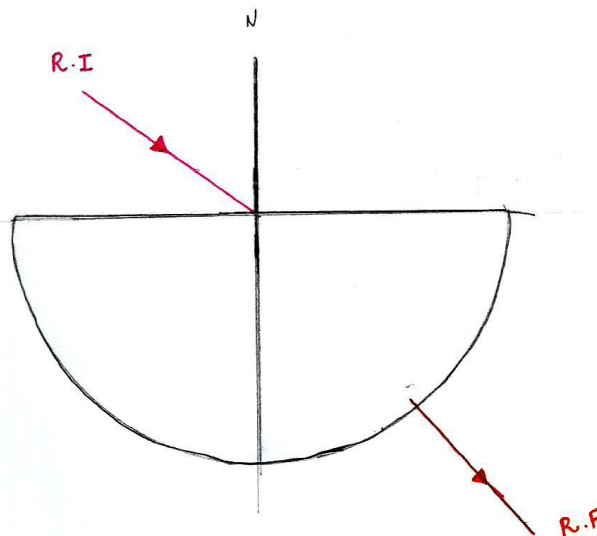
$$1 \cdot \sin 30^\circ = n_2 \cdot \sin 45^\circ$$

$$1 \cdot \frac{1}{2} = n_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{1}{2} = n_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$n_2 = \frac{1/2}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ ou } 1,414$$

$$\text{ERRO} = \frac{|1,41 - 1,49|}{1,49} = 5,3\%$$

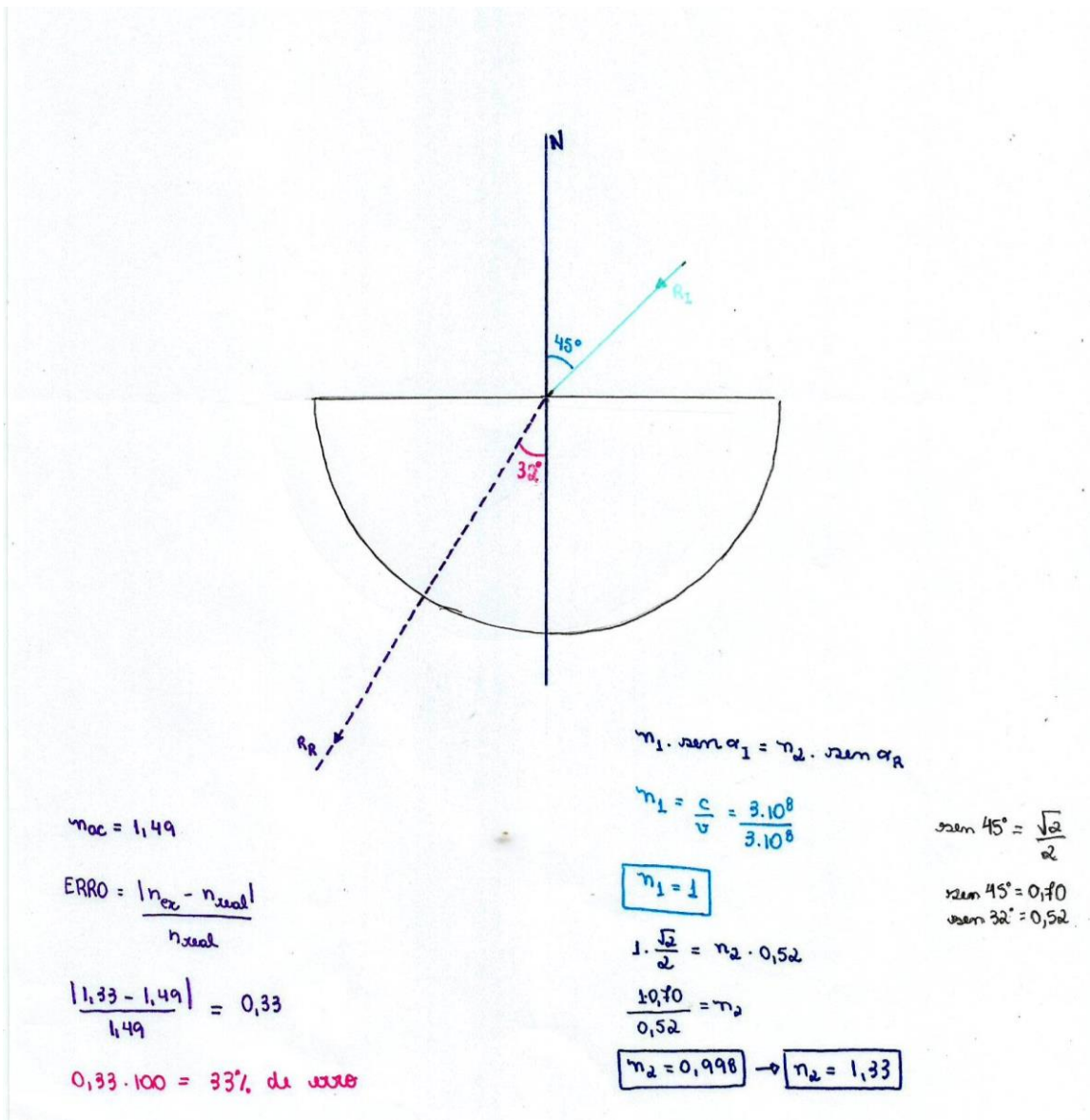


Fonte: autora, 2021.

Analisando as anotações do grupo 1, presentes na Figura 48 é possível observar que os alunos deste grupo realizaram a parte da atividade experimental traçando os raios incidente e o raio refratado, porém não anotaram os ângulos em sua figura. Calcularam o erro percentual do índice de refração.



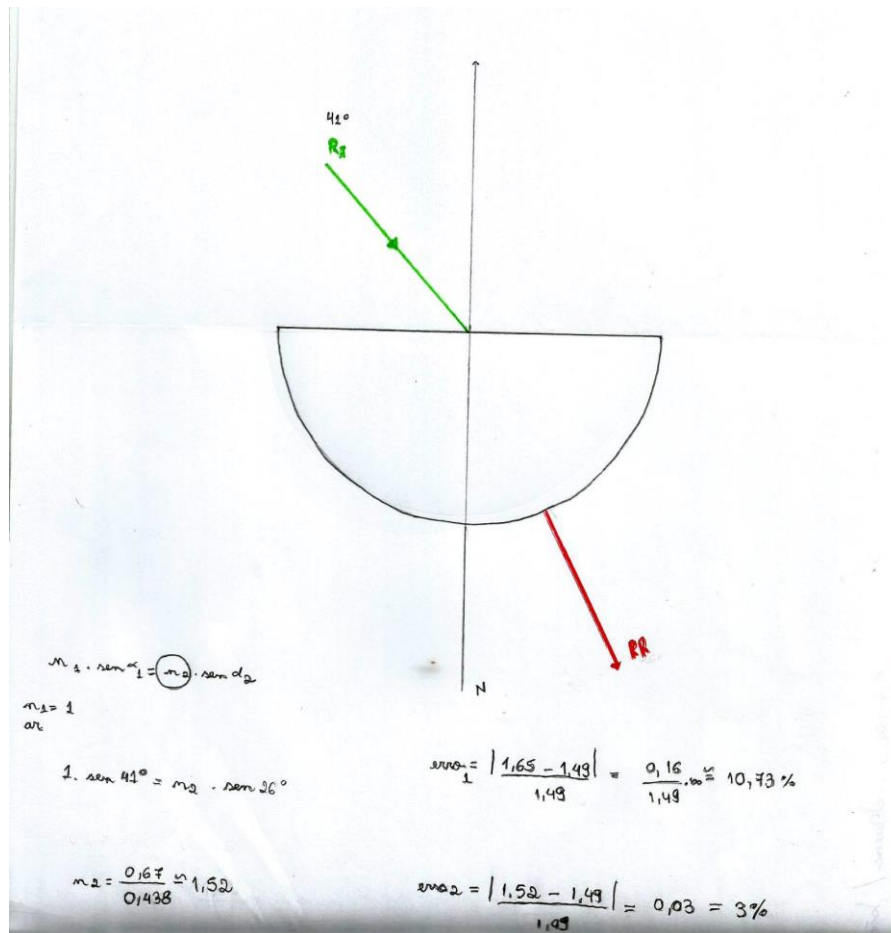
Figura 49. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 2.



Fonte: autora, 2021.

No caso do grupo 2 eles também realizaram a atividade proposta, anotando os ângulos de incidência e de refração. Calcularam o índice de refração do acrílico e o erro percentual. Acabaram por fazer a divisão entre a diferença dos valores e o valor teórico errada, resultando em um valor para o erro percentual bastante alto, como está presente na Figura 49.

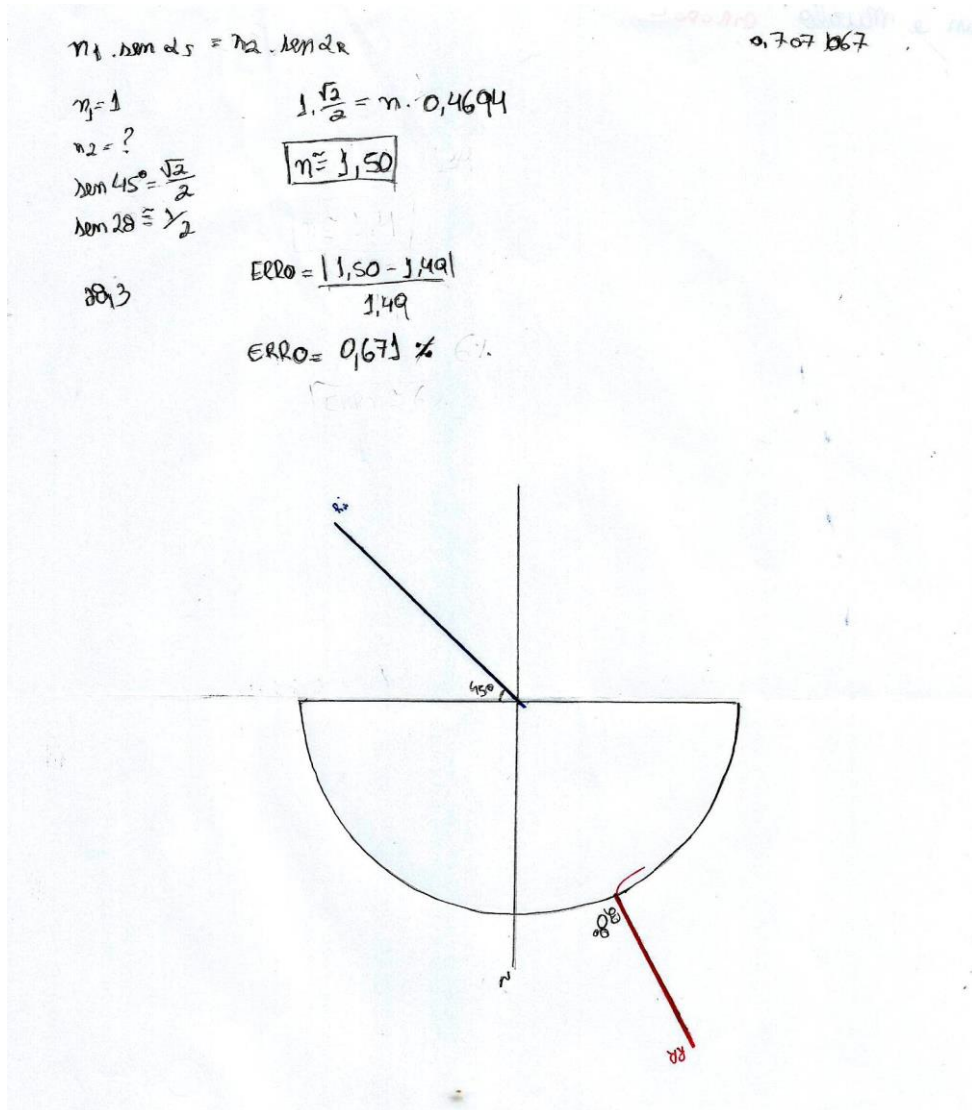
Figura 50. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 3.



Fonte: autora, 2021.

O grupo 3 também realizou as atividades propostas, representou os raios incidente e refratado, porém não representaram seus respectivos ângulos como pode ser visto na Figura 50. Pode ser ressaltado que o erro percentual encontrado pelo foi um valor significativo.

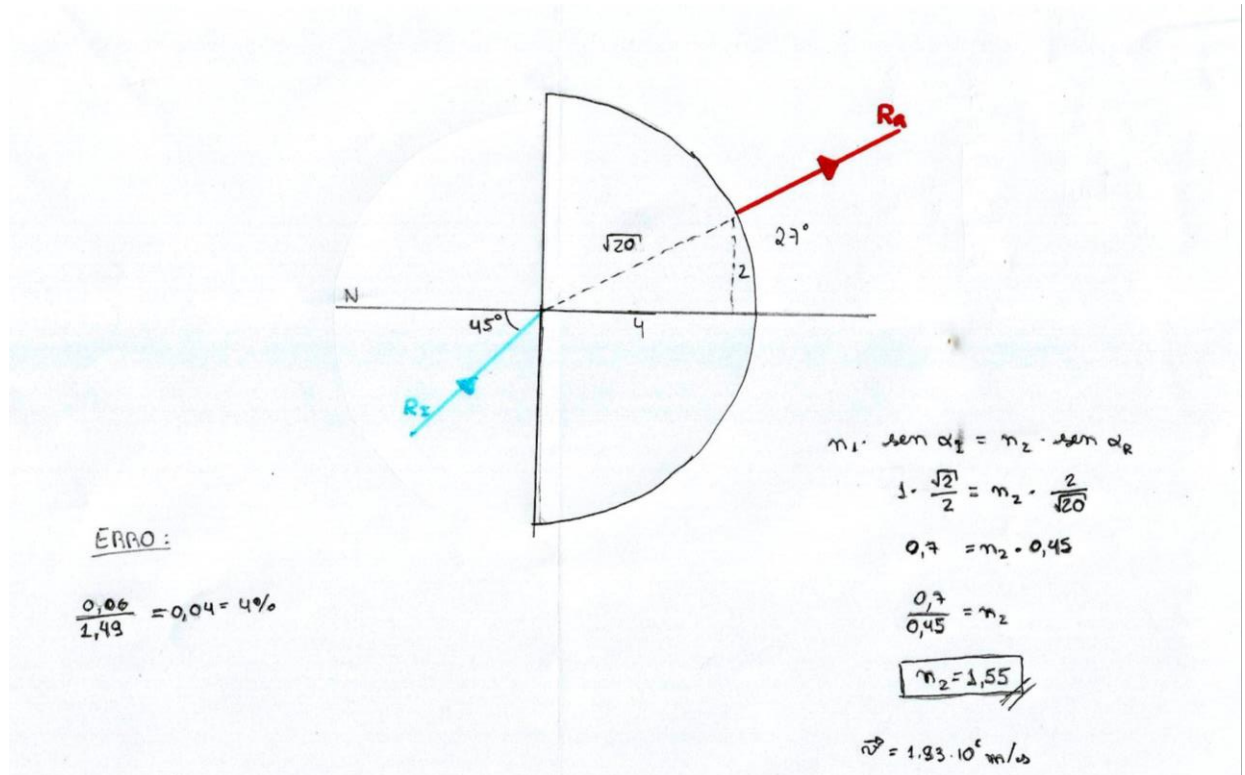
Figura 51. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 4.



Fonte: autora, 2021.

O grupo 4 realizou as etapas da atividade experimental, apresentou em suas anotações os raios incidente e refratado, assim como seus respectivos ângulos. O grupo desenvolveu o cálculo do erro percentual do índice de refração do acrílico obtemos uns dos valores mais baixos entre os grupos presentes na atividade, Figura

Figura 52. Anotações da atividade experimental com a peça em acrílico no formato de semidisco, realizada pelo grupo 5.



Fonte: autora, 2021.

O desenvolvimento das anotações do grupo 5 se deu em função dos itens solicitados durante a realização da atividade, porém por iniciativa do grupo eles apresentaram em seus dados a velocidade da luz para o valor do índice de refração calculado, apresentado na figura 52.

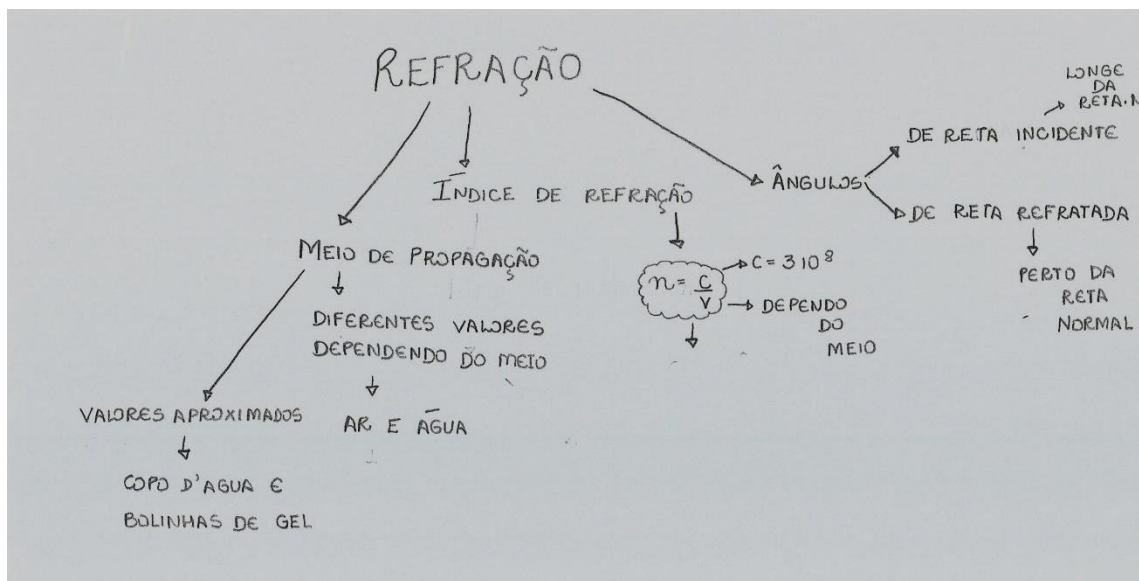
Após este segundo momento os alunos realizaram mais dois momentos, momento 3, momento 4, os quais possibilitaram uma maior complexidade com os conceitos relacionados ao fenômeno da luz, nos quais eles realizaram atividade experimental com as peças de acrílico no formato de lâmina de faces paralelas e o prisma, assim permitindo que os alunos vivenciassem, modificassem e reconciliassem os subsunçores com os novos conceitos relacionados à refração da luz em peças de acrílico. As anotações realizadas pelos estudantes nestes momentos estão apresentadas no anexo deste trabalho. Os mapas realizados nestes momentos foram confeccionados priorizando os novos conceitos adquiridos.

Vale ressaltar que a autora deste trabalho optou por usar os próprios mapas e anotações dos alunos, não utilizando as ferramentas disponíveis para transcrição

para que assim pudesse manter a fidelidade das anotações de cada grupo e estudante.

No momento 5 os alunos foram convidados a fazer um debate sobre os conceitos abordados nos últimos encontros buscando uma nova negociação entre os subsunçores e os novos conhecimentos e ao final foi solicitado que fizessem um mapa conceitual individual com todos os conceitos trabalhados no decorrer da aplicação da UEPS, para que posteriormente a autora pudesse analisar os mesmos. A seguir estão apresentados os mapas desenvolvidos pelos alunos.

Figura 53. Mapa do Aluno A1 do momento 5.



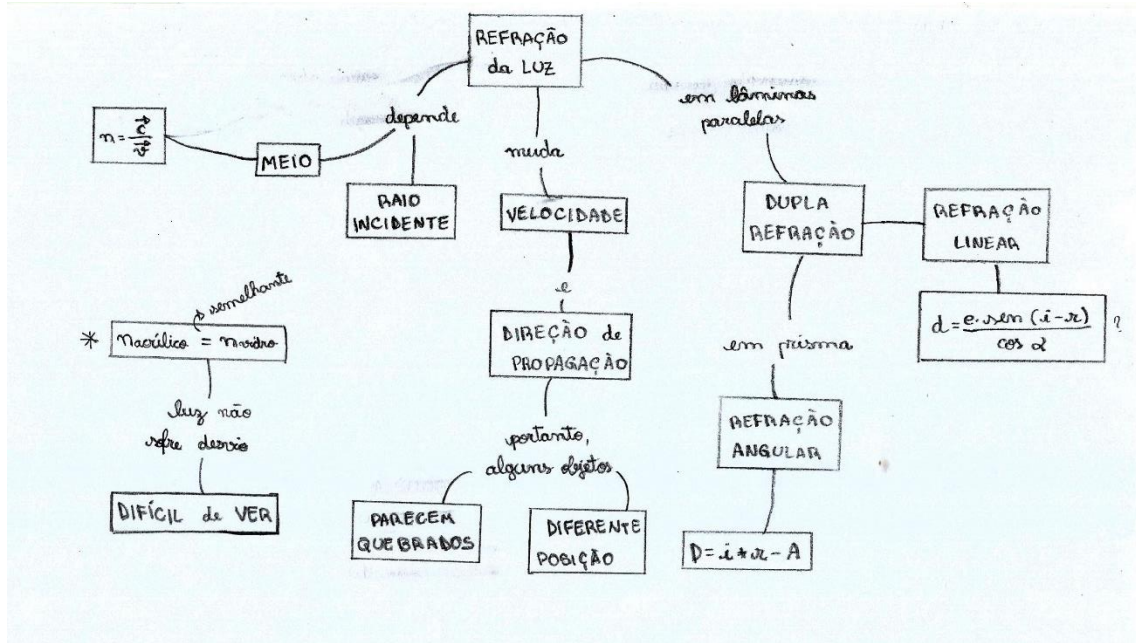
Fonte: autora, 2021.

Nos mapas feitos neste último momento da UEPS é possível verificar mudanças na forma de montagem dos mesmos. Está presente na maioria dos mapas conceituais desta etapa conceitos que envolvem o fenômeno de refração da luz, assim com as proposições de ligações e o desenvolvimento das características de uma aprendizagem significativa, tais como a assimilação, reconciliação, integração de novos conceitos, diferenciação.

No mapa do aluno A1 do momento 5 apresenta uma diferenciação do primeiro mapa feito por ele. É visível a mudança na forma de organização dos conceitos por parte do aluno, figura 53.



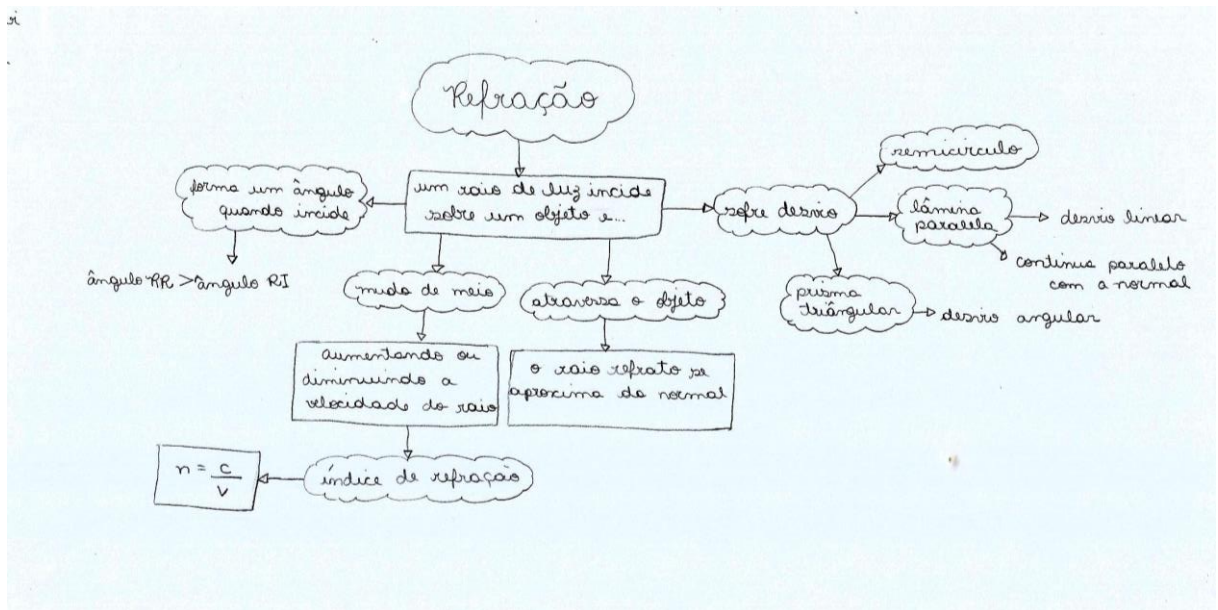
Figura 54. Mapa do Aluno A2 do momento 5.



Fonte: autora, 2021.

Na forma de se expressar do aluno A2 também fica clara que houve uma nova organização, é possível verificar que usa os conceitos ligados por proposições de ligação dando um maior sentido em sua organização cognitiva em relação os conceitos envolvidos no fenômeno da refração da luz, figura 54.

Figura 55. Mapa do Aluno A3 do momento 5.

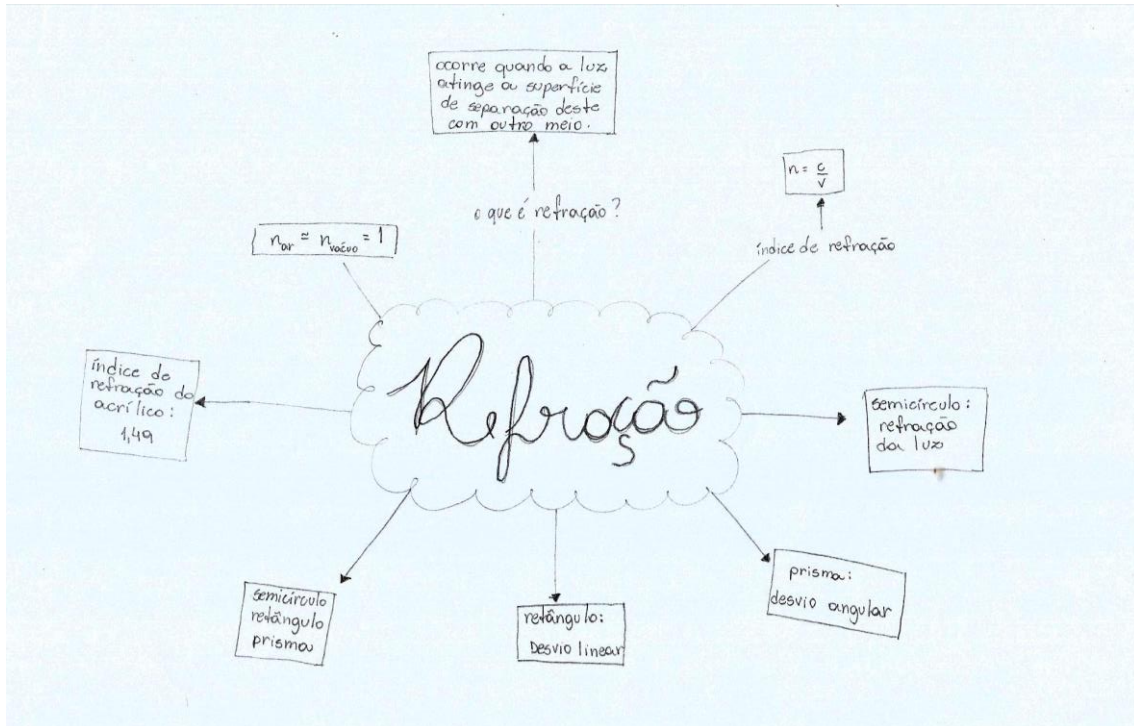


Fonte: autora, 2021.

Na figura 55 pode-se observar o mapa do aluno A3 nesta etapa, da mesma maneira traz uma quantidade significativa de conceitos correlacionados com a

refração da luz, assim como demonstra uma revolução na sua organização conceitual, apesar de ainda apresentar certa dificuldade em acrescentar proposições entre os conceitos.

Figura 56. Mapa do Aluno A4 do momento 5.



Fonte: autora, 2021.

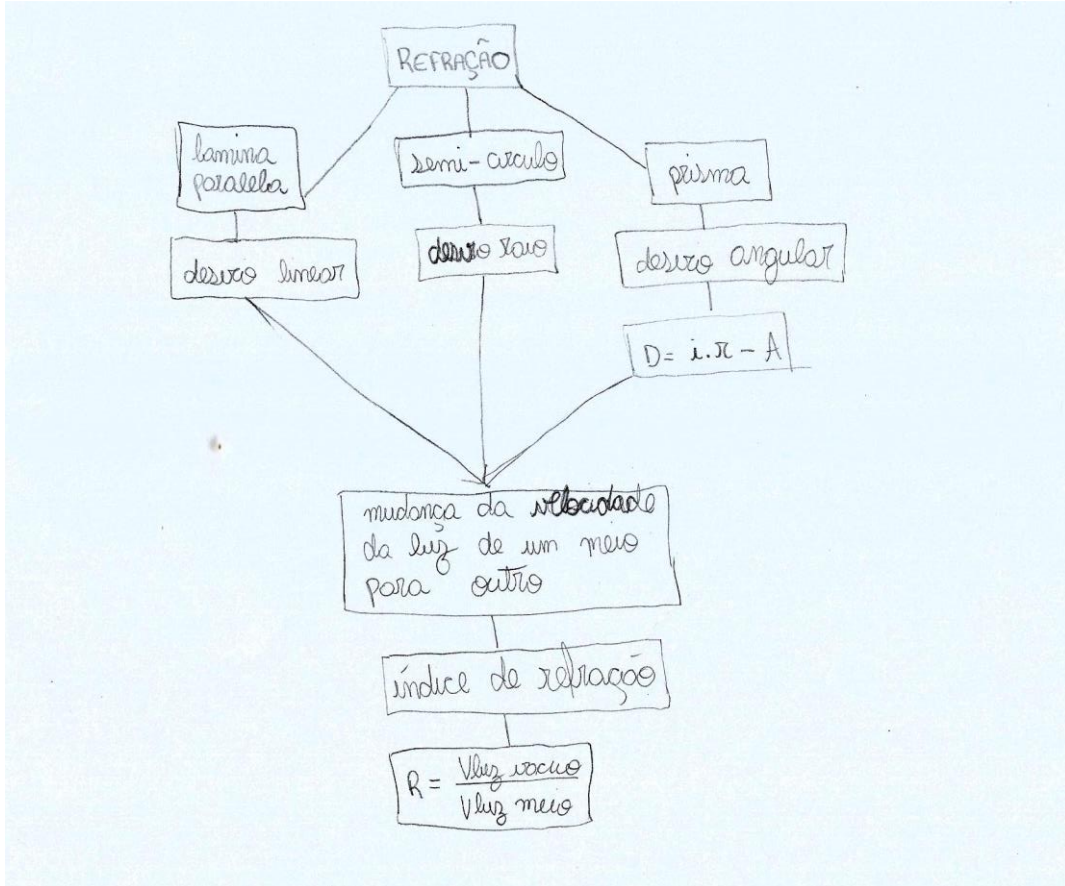
O mapa acima, figura 56, desenvolvido pelo aluno A4 apresentou uma pequena evolução a assimilação e reconciliação entre os subsunçores e os novos conceitos apresentados. Ele usa poucas relações entre os elementos citados em seu mapa.





conceitos e as frases de ligação, mostrando pouco hierarquização estes os mesmos.

Figura 59. Mapa do Aluno A7 do momento 5.



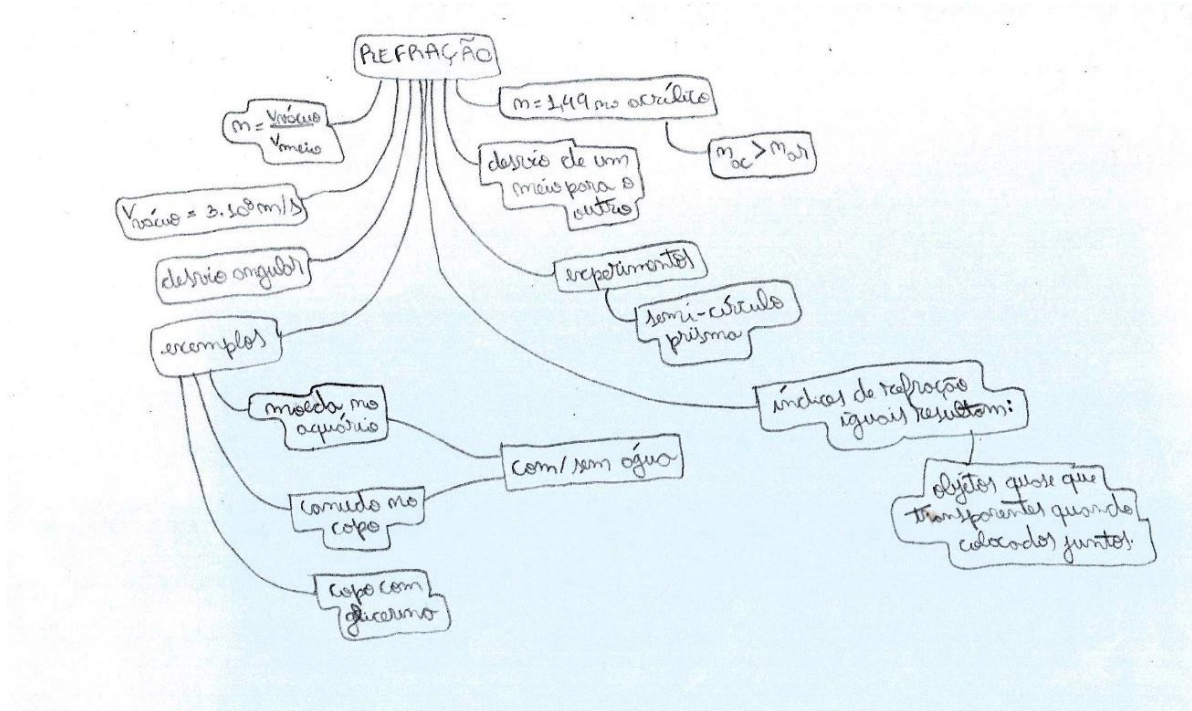
Fonte: autora, 2021.

O aluno A7 demonstrou em seu mapa do momento 5, Figura 59, pouca hierarquização entre os conceitos, também não trouxe as proposições entre os conceitos. Apresentou alguns elementos novos em seu mapa.



O mapa do momento 5 do aluno A9, Figura 61, traz alguns conceitos envolvidos com o fenômeno de refração da luz, mas também não apresenta uma diferenciação entre os conceitos e as proposições, ele relaciona a forma que enxergamos com refração da luz.

Figura 62. Mapa do Aluno A10 do momento 5.

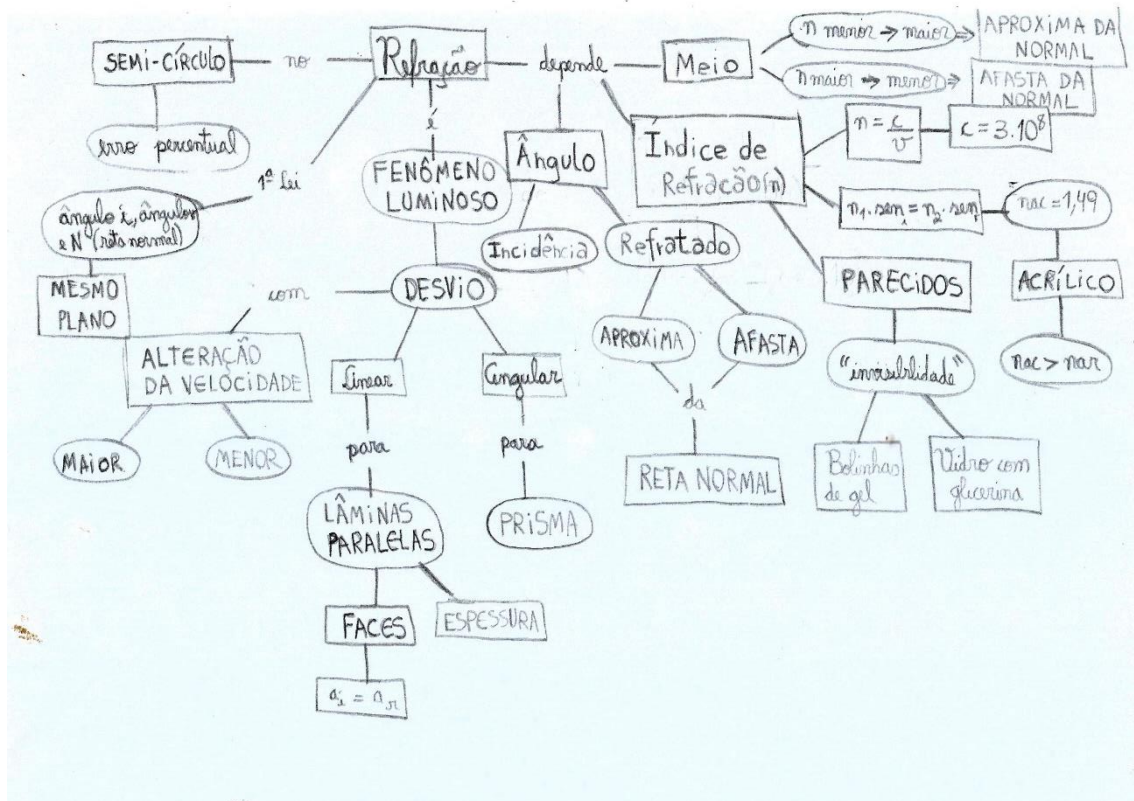


Fonte: autora, 2021.

A Figura 62 apresenta mapa do aluno A10 do momento 5, nele é possível perceber que o estudante trouxe alguns elementos novos ligados ao fenômeno estudado, porém não faz diferenciação entre os conceitos e as proposições, assim como não apresenta uma hierarquização entre eles.



Figura 63. Mapa conceitual do Aluno A11 do momento 5.



Fonte: autora, 2021.

Em seu mapa conceitual do momento 5 o aluno A11, Figura 63, apresentou novos conceitos assim como conceitos que já existiam em seu cognitivo, demonstrou um maior detalhamento entre os conceitos e as proposições de ligação. Também mostrou uma maior facilidade em trabalhar com a hierarquização entre os conceitos abordados. O estudante apresentou desde do início da aplicação da UEPS uma pré disposição a aprender novos conceitos envolvidos ao fenômeno da refração da luz.

No início da aplicação a autora teve dificuldade em estabelecer se os estudantes não apresentavam subsunçores potencialmente significativos ou se eles não possuíam habilidades na confecção de mapas conceituais, uma vez que não estavam familiarizados com o desenvolvimento desta ferramenta, apesar de terem feito uma pesquisa sobre o tema. Isto mostra como é importante que o desenvolvimento de mapas conceituais se dê em várias etapas, estimulando que o estudante os faça e refaça diversas vezes para que possa reorganizar, reconciliar e assimilar os conceitos. Foi percebido que durante a aplicação da UEPS que alguns estudantes conseguiram adquirir as habilidades esperadas para o desenvolvimento de mapas conceituais, apresentando uma melhor compreensão de como estabelecer

a hierarquização dos conceitos, redigir as proposições e realizar as interligações entre eles, mas grande parte dos estudantes que participaram da aplicação acabaram por desenvolver mapas mentais ao invés de mapas conceituais como havia sido solicitado pela autora.

## 6 CONCLUSÕES

Neste trabalho procurou-se evidenciar indícios que demonstrassem uma aprendizagem significativa do fenômeno da refração luminosa durante as aulas desenvolvidas em uma turma do 3ª Série do Ensino Médio no Colégio Graciosa, na região metropolitana de Curitiba. Estas aulas foram planejadas e ministradas segundo os princípios norteadores das UEPS. Ao final de cada etapa, foi solicitado aos estudantes que confeccionassem mapas conceituais, para que fosse possível buscar os indícios de aprendizagem significativa.

O que se verificou nos mapas feitos pelos estudantes é que estes se enquadram mais como mapas mentais do que mapas conceituais, salvo exceções. Alguns estudantes demonstraram, em seus mapas, possuir subsunçores bem definidos e potencialmente significativos, e tiveram maior facilidade em estabelecer uma relação hierárquica com os novos conhecimentos apresentados. Percebeu-se em todos uma evolução na complexidade dos mapas, que se tornaram cada vez mais ricos em conceitos, proposições e interligações conceituais.

Cada um, individualmente ou em grupo, ficou responsável por fazer escolhas, buscando desenvolver as habilidades necessárias em cada situação proposta. Com efeito, o que se percebeu durante os momentos da UEPS foram indícios que a atividades experimentais juntamente com os princípios da TAS contribuíram como um agente facilitador do ensino, permitindo trazer o aluno para o centro de sua aprendizagem, como protagonista do processo e não apenas um receptor.

Também se pode dizer que este trabalho proporcionou à sua autora uma reorganização e reconciliação na forma de ensino desenvolvida pela mesma, trazendo muitas reflexões e discussões que a fizeram buscar cada dia desenvolver uma melhor forma de ensino buscando em seus alunos uma aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Michele. A.; COSTA, Sayonara. S.C; **O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio.** Porto Alegre, 2006.
- AUSUBEL, D.P; NOVAK, J.D; E HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BARROS, Marcelo A.; CARVALHO, Anna M. P. A História da Ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Ciência & Educação**, v.5 n.1, p. 83–94, 1998. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/bsMxsFJvBgvF7zTtFXWzqqv/abstract/?lang=pt> Acesso em: 02 dez. 2021.
- BEZERRA, Sergio. H. O. **Atividades Experimentais Em Unidade De Ensino Potencialmente Significativas.** Belém, 2016.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base.** Brasília: MEC/SEB, 2018.
- COURROL, Lilia. C; e Preto, André. O. **Óptica Geométrica.** São Paulo: Editora Unifesp, 2011.
- GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel. C.C. **Atividades Experimentais De Demonstrações Em Sala De Aula: Uma Análise Segundo O Referencial Da Teoria De Vigotski.** São Paulo. 2017
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual** - 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.
- LOPES, Ricardo. R. S. **Conceitos de Eletricidade e Suas Aplicações Tecnológica: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.** UFES. Vitória, 2014.
- MARQUES, Gil da Costa; UETA, Nobuko. **Ótica (Básico)** (Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, São Paulo, 2007). Disponível em <http://efisica.if.usp.br/ótica/básico/>, seções 1 ao 5, acesso em: 05 dez. 2021.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física.** v.2. 5 ed. São Paulo: Scipione, 2000.
- MELO, Ana C. S.; PEDUZZI, Luiz. O. Q. Contribuições da epistemologia Bachelardiana no estudo Da história da óptica. **Revista Ciência & Educação**, v.13 n.1,p.99-126,2007.Disponível em <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mGv9WHtJZGy96P4qfVbDCpF/abstract/?lang=pt> Acesso em: 02 dez. 2021.
- MOREIRA, Marco. A. **A teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget- Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999. p. 95 – 107
- MOREIRA, Marco. A. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas.** **Revista Brasileira de Ensino de Física.** Porto Alegre, 2000.

MOREIRA, Marco. A. **Mapas Conceituais E Aprendizagem Significativa**, 1<sup>o</sup> ED. São Paulo: Centauro. 2010.

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

MOREIRA, Marco. A. **Unidades De Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista**. Rio Grande do Sul, v.1 n.2 p. 43 – 63, 2011.

MOREIRA, Marco. A. **Uma análise crítica do ensino de Física. Revista estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, Issue: 94, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsFWPqr6hjzyLQzs/>. Acesso em: 08 dez. 2021

MOREIRA, Marco. A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.43 suppl.1, e20200451, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/>. Acesso em: 08 dez.2021.

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

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 11, 2010.

OESTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Editora Evangraf, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Educação. Departamento de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Estaduais para a Educação Básica: Física**. Curitiba, 2008.

PIRES, Antonio T.S. **Evolução das ideias da Física**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

ROSAS, R; SEBASTIÁN. C. **Piaget, Vigoski Y Matuarana: Constructivismo A Tres Voces**. AIQUE, 2008.

ROSSI, Paolo. **O nascimento da Ciências Moderna na Europa**. / Paolo Rossi; tradução de Antonio Angonese. Bauru; SP:EDUSC, 2001

SANT' ANNA, Blaidi.; MARTINI, Gloria.; RESI, H. Carneiro.; SPINELLI, Walter. **Conexões com a Física. Volume 2: Estudo do calor Óptica geométrica Fenômenos ondulatórios**. 1 ed. São Paulo: Moderna, 2010.

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna**. 2009. Rio de Janeiro: LTC.



**APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**

**Refração da luz sem o uso de laser? Uma proposta de sequência didática baseada em Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de refração da luz.**

## INTRODUÇÃO

Este produto educacional teve a origem em um projeto de dissertação de mestrado, do programa de mestrado profissional em Ensino de Física da UEPG. O Projeto visava desenvolver uma sequência didática baseada nas teorias da aprendizagem significativa, para o ensino dos conceitos físicos que envolvem o estudo da refração da luz em peças de acrílico nos formatos de prisma, semidisco e lâmina de faces paralelas. Para o desenvolvimento desta sequência didática foi feito um levantamento na literatura sobre os assuntos: ensino de física, refração da luz, aprendizagem significativa, mapas conceituais e unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). Após este levantamento foi desenvolvida uma UEPS e aplicada em uma turma de terceiro ano do ensino médio e, desta aplicação, surgiu a ideia de produzir um material referente ao tema que possa ser utilizado como subsídio no ensino da refração da luz.

No contexto do ensino de física, é importante que os docentes estejam atentos às orientações contidas nos documentos oficiais. Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE) do Estado do Paraná, a Física é uma disciplina que possibilita apresentar aos alunos modelos elaborados pelos homens com o objetivo de explicar e entender a natureza (PARANÁ, 2008). A Física pode ser entendida, então, com uma tentativa do ser humano de compreender o Universo ao seu redor.

Tomando este sentido de compreensão, o ensino de Física no ensino médio deve permitir aos alunos o acesso às ferramentas de que dispõe a Ciência: observar, analisar e interpretar o mundo que o cerca, tanto o mundo natural quanto o tecnológico.

Na maioria das vezes, para os estudantes, a Física do Ensino Médio se resume a um “amontoado de fórmulas”, que servem apenas para resolver exercícios de um livro e cujo objetivo principal é a preparação para exames de acesso às universidades. Não sem razão, pois como aponta Moreira (2021), “desde que entram na educação básica os alunos começam a ser treinados para dar respostas corretas nas provas. Nesse quadro, é necessária uma mudança de postura do professor. A Física deve ser apresentada como uma construção humana – historicamente e socialmente construída. Deve fazer sentido para o aluno, deve ser significativa.

Segundo Moreira (2021), o maior desafio é despertar o interesse dos alunos pela física. É necessário desenraizar os preconceitos existentes, por isso é essencial que o educador tenha em mente que no processo ensino-aprendizagem são inúmeros os fatores que devem ser considerados, desde os métodos de ensino empregados pelo professor até os materiais a serem utilizados. Como mostra o estudo de Rezende, Osterman e Ferraz (2009), são muitos os trabalhos que se debruçam em analisar esses fatores diversos, propondo referenciais e metodologias que visam favorecer a aprendizagem.

Dentre essas propostas encontram-se os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A TAS tem como objetivo utilizar o que já é de conhecimento do aluno como uma âncora para o novo conhecimento a ser apresentado. Os princípios da TAS levam em consideração aquilo que já está na estrutura cognitiva do estudante (os subsunçores), valorizando e permitindo uma relação de troca e ressignificação com o novo conhecimento (MOREIRA, 2010).

A óptica, foi a área da física definida para ser abordada neste material, pelo seu grande potencial para permitir uma aproximação dos alunos com os conceitos físicos e suas aplicações no mundo natural e tecnológico, como sugere a BNCC. A escolha se dá por esta ser uma área do conhecimento que está muito presente no cotidiano dos estudantes e por estimular a curiosidade. Dessa forma, há vários subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos que podem ser ressignificados com o novo conhecimento, o conhecimento científico: os espelhos planos e a formação de imagens, o uso dos óculos, o lápis que “quebra” dentro do copo d’água, o arco-íris, a miragem etc.

A proposta desenvolvida que originou este produto educacional teve origem nas aulas de experimentação na disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental ministradas pelo professor André Vitor, que contribuíram ainda mais para aumentar o interesse da autora pelo tema óptica.

O que se segue, então, é uma sequência didática, no formato de UEPS, na qual tem o objetivo em abordar uma parte específica da óptica, a refração da luz, sob a perspectiva da TAS. Nesta UEPS a ideia é analisar o comportamento do raio de luz ao atravessar objetos transparentes com diferentes formatos de forma a ancorar o novo conhecimento aos subsunçores que os alunos já apresentam quando se trata de refração da luz e assim, dar a possibilidade de que a aprendizagem seja significativa

A intenção deste produto educacional é proporcionar ao docente de física um material ao qual ele poderá usar em suas aulas de física no ensino da óptica, no que tange a refração da luz com as premissas da TAS.

Sabe-se que existem diversos materiais e ferramentas disponíveis de fácil acesso aos docentes de física, a ideia deste material é apresentar uma sequência didática baseada na TAS, assim como disponibilizar um material de baixo custo que permita o professor trabalhar com seus alunos o fenômeno de refração da luz com materiais tais como lápis de cor, folhas de papel sulfite.

Durante a apresentação da sugestão da UEPS a autora deste traz a proposta do uso de mapas conceituais como forma de avaliação e atividade de desenvolvimento cognitivo, a mesma não usou recursos computacionais, tais como Cmap Tools ou outros meios tecnológicos os quais permitam o docente e seus alunos confeccionar seus mapas conceituais utilizando de todas as ferramentas presentes nestes meios, mas isto não impede que o professor possa inserir os recursos computacionais em sua aplicação da UEPS.

## 2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

### 2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo a TAS, a aprendizagem é o processo no qual o aluno obtém novos conhecimentos, novas habilidades ou novas conexões com aquilo que já existe na sua estrutura cognitiva. Um dos maiores desafios deste processo é conseguir ter evidências que os alunos realmente aprenderam, sendo assim é necessário que o educador busque diferentes maneiras para alcançar este objetivo.

A aprendizagem significativa pode ser citada como uma destas metodologias que visam fortalecer a aprendizagem do aluno. Mas, afinal, o que é aprendizagem significativa? Essa teoria tem origem na década de 1960 com as publicações dos trabalhos do psicólogo estadunidense David Ausubel e do educador Joseph Novak. Segundo o autor Marco A. Moreira (2011, p.13, grifo nosso) pode-se dizer que:

[...] é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira **substantiva e não arbitrária** com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende

Sendo assim, na aprendizagem significativa, o aluno tem um papel importantíssimo, não sendo um simples receptor, mas alguém que já tem uma vivência, saberes, informações e conhecimentos, que devem ser considerados no momento em que o educador pretende ensiná-lo algo novo.

Para ocorrer a aprendizagem no aluno é necessário que ocorra uma modificação em seu cognitivo, ou seja, os conhecimentos que estão presentes associam-se com os novos conhecimentos, gerando novas estruturas, novas conexões. Para tanto, o aluno deve desempenhar um papel diferente do de espectador, devendo fazer parte do seu processo de aprendizagem nas palavras de Moreira (2011), o aluno deve **querer** aprender, ter uma predisposição àquilo que vai ser ensinado.

A aprendizagem significativa diferencia-se da aprendizagem mecânica, ou seja, aquela que busca ensinar os alunos através da memorização. Existem muitas evidências que essa aprendizagem não permite aos alunos modificar o seu cognitivo,

mas sim que eles memorizam determinado assunto, tema, conceito para realização de uma atividade avaliativa e após, esta informação é descartada ou ela permanece na estrutura cognitiva, porém não é relevante a novos conhecimentos, assim acabam por não se relacionar.

Segundo Moreira (2011), Ausubel considerava que a variável mais importante para a aprendizagem, isoladamente, é o conhecimento que está no cognitivo do aluno, a este é dado o nome de subsunçor. É importante ressaltar que esse pode ser um exemplo, um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, mas deve ser especificamente relevante.

Os subsunçores presentes no cognitivo dos alunos podem estar mais ou menos estabelecidos, é necessário que o educador busque fazer o levantamento dos subsunçores referentes ao assunto a ser ensinado e analise as complexidades destes, pois pode ocorrer casos em que os alunos apresentem, mas estes podem possuir relações não assertivas, pode ser que estes tenham uma maior ou menor estabilidade, e pode ocorrer casos que mesmo com a vivência do aluno ele não possua conhecimentos prévios relevantes ao tema estudado. Ainda segundo Moreira (2011, p. 14):

Aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre os conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

A aprendizagem significativa possibilita, progressivamente, que os subsunçores sofram modificações através das interações entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, fazendo com que o subsunçor se torne mais rico em significados, mais estável e mais relevante à estrutura cognitiva, podendo assim facilitar novas aprendizagens, Moreira (2011). Pois, de acordo com autores Ausubel, Novak e Hanesian, a aprendizagem significativa:

envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Ou seja, a emergência de novos significados no aluno reflete o complemento de um processo de aprendizagem significativa.” (AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN, 1980, p. 34)

A aprendizagem significativa apresenta três formas, a aprendizagem significativa superordenada, a aprendizagem significativa subordinada e a aprendizagem de modo combinatório. A primeira consiste em uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passando a subordinar conhecimentos prévios. A segunda, e mais típica, é aquela na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante. E a última é uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, Moreira (2011).

Juntamente à aprendizagem significativa está vinculado o uso de materiais potencialmente significativos, que segundo Moreira (2011) não são meras ferramentas. É importante que ao se propor metodologias diferenciadas, os docentes busquem usar imagens, slides, fotos, objetos, quadros, experimentos, que possuam significados para os estudantes, e não somente um significado representativo.

Dizer que um material é potencialmente significativo quer dizer que este gera nos estudantes interações cognitivas que permitem desenvolver um significado ou uma nova interação com aquilo que já está presente em seu cognitivo. O material apresentado ao estudante não deve ser feito de uma maneira arbitrária e liberal, pois esta resulta em uma aprendizagem não significativa, ou seja, uma aprendizagem mecânica e automática.

Ademais, em relação à potencialidade dos materiais, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam seu caráter individual, sua particularidade para cada sujeito. Assim, a potencialidade de um material em ser significativo para um certo indivíduo não está ligada apenas à presença dos conhecimentos no seu cognitivo, mas sim que estes conhecimentos sejam relevantes e possam se relacionar com o material proposto para que assim ocorra de fato a aprendizagem, segundo os autores Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.37)

A aquisição de significados enquanto fenômeno natural ocorre em seres humanos particulares - não na espécie humana de uma maneira geral. Portanto, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, não é



suficiente que as novas informações sejam simplesmente relacionadas (de forma não arbitrária e substantiva) a ideias correspondentemente relevantes no sentido abstrato do termo (a ideias correspondentemente relevantes que alguns seres humanos estão aptos a aprender sob circunstâncias apropriadas); é também necessário que o conteúdo ideacional relevante esteja disponível na estrutura cognitiva de um *determinado* aluno. (grifo dos autores)

A aprendizagem significativa passa por processos que concebem a aquisição de novos conhecimentos, assim como a modificação dos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos, sendo assim pode se citar dois processos principais, são eles: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

A diferenciação progressiva consiste na utilização de um subsunçor diversas vezes, progressivamente, para a aquisição de novos significados aos conhecimentos. Na medida que vai se utilizando este subsunçor ele vai ganhando mais significados, ficando cada vez mais rico, mais refinado e mais relevante, podendo servir de âncora para as novas aprendizagens significativas. (Moreira, 2011). No que tange a reconciliação integradora, é um processo simultâneo ao da diferenciação progressiva, na dinâmica da estrutura cognitiva, que possibilita superordenação integrando significados, resolvendo inconsistências, eliminando diferenças aparentes (Moreira, 2011).

## 2.2 MAPAS CONCEITUAIS

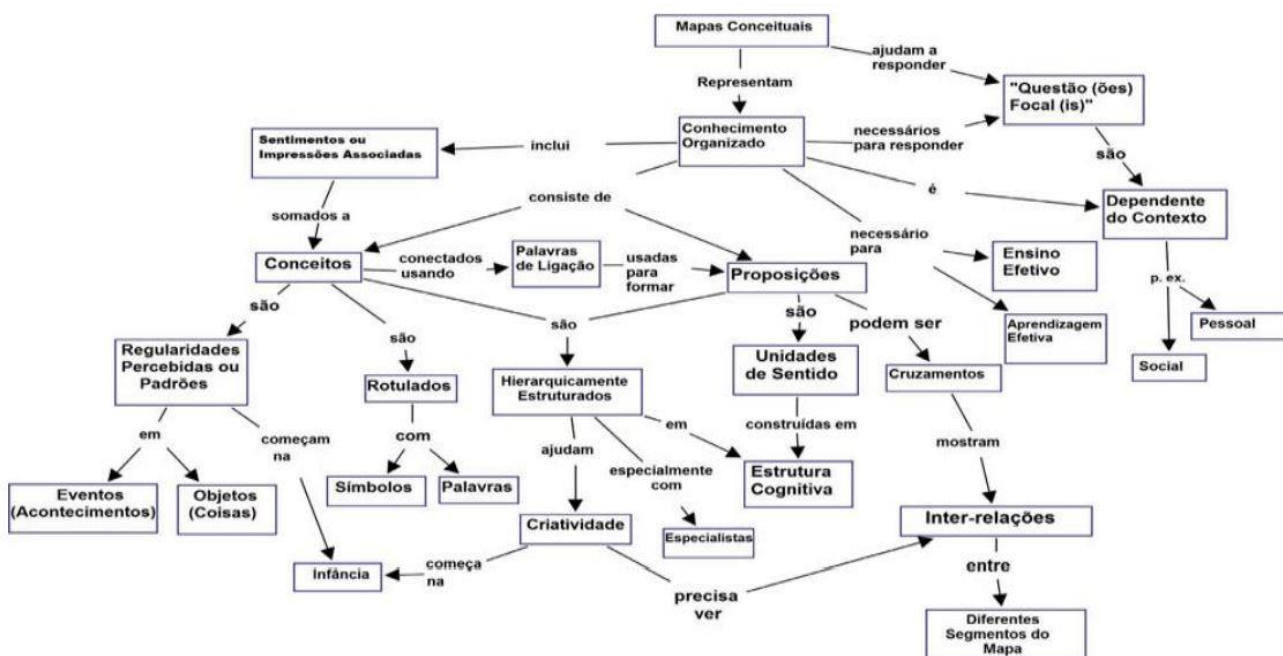
Uma ferramenta que está fortemente ligada à aprendizagem significativa é o mapa conceitual. Esse instrumento consiste, segundo Novak, “em um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições”, uma ferramenta gráfica para a organização e representação do conhecimento (Novak, 1996) que mostram uma hierarquização entre os conceitos. Identificar os conceitos chave e as relações entre eles aperfeiçoa a interpretação dos estudantes sobre os objetos que o cercam e os acontecimentos que observam (Novak, 1996).

Ao utilizar os mapas conceituais é importante que se tenha claro em mente que existe uma grande diferença entre os mapas mentais, os mapas conceituais e os diagramas Vê. Nos mapas mentais são encontrados conceitos que são associacionistas, estes não se ocupam com as relações entre os conceitos e incluem objetos de estudos que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Já os diagramas Vê ou Vê epistemológico são considerados instrumentos heurísticos

que permitem uma análise na estrutura e no processo de construção do conceito a ser estudado.

Nos mapas conceituais são apresentados conceitos e proposições, que podem ser palavras ou frases, que tem por função interligar os conceitos entre si mostrando as relações existentes. Geralmente os conceitos são dispostos dentro de quadros ou círculos, enquanto as proposições são colocadas sobre linhas que os interligam (Novak e Cañas, 2010). Vale ressaltar, ainda segundo os autores, “que as proposições são enunciados sobre algum objeto ou evento no Universo, seja ele natural ou artificial.”

Figura 1 - Estrutura de um mapa conceitual.



Fonte: Novak e Cañas, 2010.

Os mapas conceituais têm se mostrado uma excelente ferramenta para facilitar a negociação, construção e aquisição de significados. (Moreira, 2010) e podem ser úteis em vários momentos do processo ensino-aprendizagem, desde um organizador prévio, recurso na aprendizagem, atividades e até mesmo uma forma de avaliação. Confeccionar um mapa conceitual possibilita ao aluno estabelecer diversas relações hierárquicas entre os conhecimentos, pois durante a elaboração deverá lembrar-se de que “os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente debaixo deles.” Novak (1996). Ainda segundo o autor, “os mapas

conceituais realçam visualmente tanto as relações hierárquicas entre os conceitos e as proposições como as ligações cruzadas entre grupos de conceitos e proposições.”

Quando se fala do uso do mapa conceitual no processo de aprendizagem é importante que aquele que o elaborou faça uma apresentação do seu mapa para outras pessoas, para que assim possa externalizar os significados presentes em seus mapas, ou seja, caso um educador utilize a montagem de mapas conceituais durante suas aulas, é conveniente que, em seguida, possibilite uma discussão entre os alunos sobre suas produções, para que possam diferenciar, reconciliar e assimilar os conhecimentos abordados.

Como um instrumento de avaliação os mapas conceituais se mostram bastante eficazes, uma vez que podem demonstrar a organização estrutural no cognitivo do aluno. Como já mencionado, a aprendizagem se dá pela mudança na estrutura cognitiva dos alunos sendo assim, “os mapas conceituais são um método de mostrar, tanto ao aluno como ao professor, que ocorreu realmente uma reorganização cognitiva.”, segundo Novak.

Convém que o mapa conceitual seja construído com uma boa estrutura hierárquica e uma boa caracterização entre as novas ligações. Outra característica importante na produção dos mapas conceituais é que sejam elaborados a partir de uma questão particular que se procura responder, o que possibilita uma compreensão maior daquilo que está sendo aprendido (Novak e Cañas, 2010).

Atualmente existe vários recursos digitais que facilitam a confecção dos mapas conceituais, uma ferramenta muito utilizada desde estudantes do ensino básico, centro universitário ou até mesmo centros de pesquisa se destaca o Cmap Tools. Dentre os diversos recursos disponibilizados pelo Cmap tools existe a possibilidade de armazenamento dos mapas confeccionados, o trabalho em grupo, ou seja, os estudantes podem trabalhar em conjunto na montagem dos mapas conceituais, além de permitir que estes fiquem arquivados na rede possibilitando o docente realizar uma avaliação do desenvolvimento de seus alunos através dos mesmos. O cmap tools possui uma ferramenta “comparar mapas conceituais” que proporciona uma comparação de um mapa conceitual elaborado por um especialista para um determinado assunto de mapas feitos por estudantes, favorecendo ainda mais no momento da avaliação.

### 3 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Para a abordagem do tema refração da luz com os estudantes foi desenvolvida uma sequência didática com base nas propostas de construção desenvolvidas pelo professor Marco Antônio Moreira, caracterizada como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Uma UEPS consiste, basicamente, em uma sequência didática que tem fundamentos na TAS, que busca estimular o estudante a uma aprendizagem significativa e não memorística. Para realização de uma UEPS o docente tem que ter em mente que precisará trabalhar em seus estudantes princípios tais como a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a negociação de significados e organizadores prévios.

Segundo Moreira (2011, p. 2), para o desenvolvimento de uma UEPS é necessário ponderar sobre três pontos:

“Objetivo: desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental.

Filosofia: só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.

Marco teórico: a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009), as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).”

Além de refletir sobre estes três pontos os docentes, ainda segundo Moreira (2011), deve-se ter em mente os princípios apresentados no QUADRO 1:

Quadro 1 - Princípios para construção de uma UEPS

Teórico(s)	Princípios
Ausubel	O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa.
	A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino.
Ausubel; Gowin	É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento;
Gowin	Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino. Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo.
Johnson-Laird	Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação
Moreira	A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica.
	A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.
	Situações-problema pode funcionar como organizadores prévios.
	Organizadores prévios mostram a relacionalidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios.
	A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva.
Novak	Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa.
Vergnaud	São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa.
	As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade.
Vergnaud; Gowin	O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno.

Vygotsky; Gowin	A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados.
--------------------	--

Fonte: Adaptado de MOREIRA, Marco. A. Unidades De Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Rio Grande do Sul, V.1 n.2 pp 43 – 63, 2011.

Ante o exposto, Moreira (2011) sugere ao docente seguir alguns passos na construção da UEPS:

1. Definir o tópico específico;
2. Criar/propor situações iniciais;
3. Propor situações-problema;
4. Uma vez apresentado as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado;
5. Retomar aspectos mais gerais, em continuidade;
6. Conclusão da Unidade;
7. Avaliação.

O docente necessita ter bem claro estes pontos, pois existem detalhes que fazem muita diferença no momento da execução da UEPS. Por exemplo, no segundo passo, nas palavras de Moreira (2011), as situações propostas (discussão, questionário, mapa mental, mapa conceitual etc.) devem levar o aluno “a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta”.

Outro ponto é relacionado às situações-problema, que em um primeiro momento precisam ser de nível introdutório, com o objetivo de preparar o terreno para o tema que se pretende ensinar, sempre buscando evidenciar aquilo que o estudante já conhece. Após estabelecer e trabalhar as situações iniciais, o docente pode apresentar o tema que deseja ensinar/aprender, buscando sempre a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. É sempre importante buscar os aspectos mais gerais e estruturantes do tema estudado com uma nova visão, possibilitando ao estudante analisar, reorganizar e, até mesmo, gerar novos subsunçores.

Outro fator muito importante para a aplicação da UEPS é a forma de avaliação, uma vez que o que se busca é uma aprendizagem significativa. A avaliação

deve ser diferenciada, baseada nos princípios da TAS, ou seja, nada de atividades que priorizem a memorização por si só, é necessário que a avaliação apresente situações as quais evidenciem que houve uma modificação naquilo que já existia no cognitivo do sujeito da aprendizagem. Vale ressaltar que a avaliação é um processo progressivo, e que o docente a todo momento deve estar atento à reorganização cognitiva dos estudantes, visando analisar as prováveis mudanças sofridas. Desse modo, as atividades podem e devem ser formativas e somativas.

## 4 REFRAÇÃO DA LUZ

### 4.1 ÓPTICA, UMA BREVE INTRODUÇÃO

A área de estudo responsável pela análise do comportamento dos fenômenos relacionados a luz é conhecida como óptica, nesta área são abordados os temas tais como os fenômenos de reflexão, refração, dispersão, difração, interferência e o comportamento da luz.

Os fenômenos ópticos são objetos de curiosidades desde a Antiguidade, pensadores como Platão (427-347 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e, mais tarde, Alhazen (965-1040) buscaram responder perguntas relacionadas à luz, à visão e ao comportamento da luz em diferentes meios (BARROS; CARVALHO, 1998). Também o céu e as estrelas chamam a atenção dos seres humanos desde os tempos antigos, e um dos saltos no conhecimento da nossa espécie nesse tópico se deu por volta de 1609, com Galileu Galilei construindo uma luneta e apontando para o céu, o que o permitiu ver mais longe que muitos daquela época.

Vale evidenciar que “Galileu não inventou o telescópio<sup>5</sup> e nunca afirmou tê-lo feito” (PIRES, 2011, p. 118), seus méritos são: ser o sujeito que “transformou o telescópio em um poderoso instrumento de pesquisa e foi o primeiro a publicar uma descrição do Universo visto através dele.” (PIRES, idem). Também Paolo Rossi (2001) traz em seu livro extratos da construção da ciência moderna ocidental, destacando relatos referentes às consequências do gesto de Galilei de apontar sua luneta para o céu.

É atribuída a ele, por volta de 1610, a primeira observação dos anéis de Saturno, as crateras da Lua, bem como a primeira de observação de quatro Luas de Júpiter, hoje conhecidas como as Luas Galileanas, corroborando o modelo heliocêntrico copernicano. (Rossi, 2001). Neste período também houve outros destaques para óptica, um desses foi René Descartes (1596-1650) que independentemente de Willebröd Snell (1580-1626) formulou a lei da refração da luz. Uma vez que os dois cientistas chegaram à mesma conclusão, apesar de não

---

<sup>5</sup> Ainda segundo Antônio T. S. Pires (2011) “o aparelho foi chamado originalmente de *perspicillum*, a palavra telescópio foi criada em 1611.”



trabalharem juntos, hoje a segunda lei da refração recebe o nome dos dois, ou seja, Lei de Snell-Descartes.

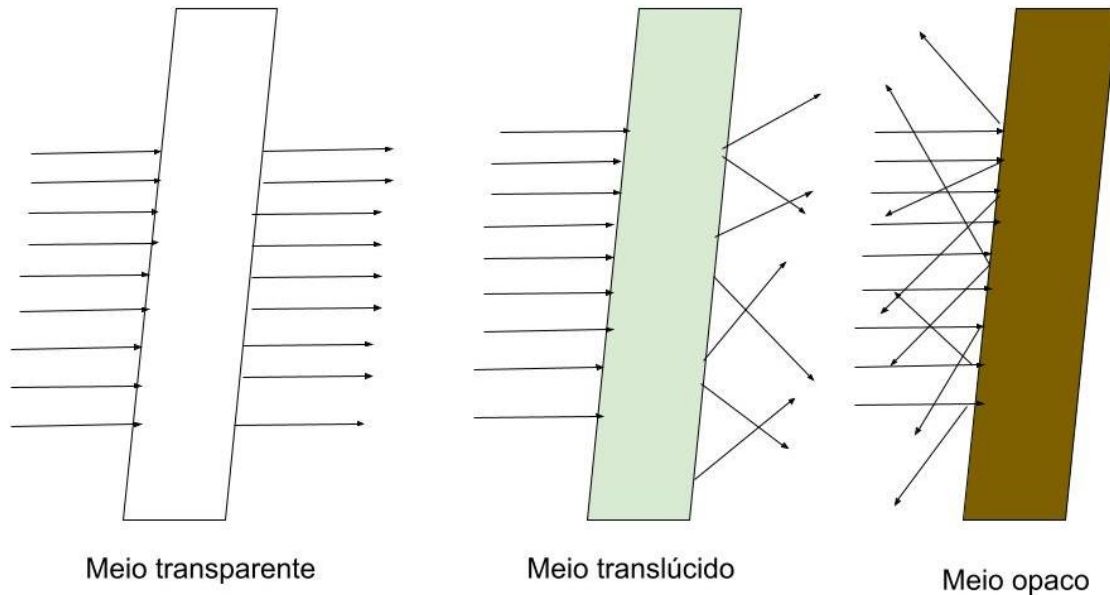
Esta área do conhecimento teve também outros grandes colaboradores em sua história, como Pierre Fermat (1601-1665), Isaac Newton (1643-1727), Christian Huygens (1629-1695), Thomas Young (1773-1829), Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896), Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868), Albert Abraham Michelson (1852-1931) e James Clerk Maxwell (1831-1879) (MELO; PEDUZZI, 2007). No decorrer dos séculos discutiu-se o comportamento e a natureza da luz; fenômenos como interferência, difração, dispersão; realizaram-se experimentos para verificação da velocidade da luz, entre outras contribuições e descobertas.

#### 4.2 REFRAÇÃO DA LUZ

A luz viaja pelo vácuo com uma velocidade de aproximadamente 300.000 km/s, este valor foi estabelecido através de experimentos no decorrer da história. Os valores encontrados nessas experiências concordam com boa precisão com o valor teórico previsto pela Teoria Eletromagnética decorrente dos trabalhos de Maxwell, que permitiram concluir que a luz tem um comportamento de onda eletromagnética.

Na óptica é feita uma diferença entre os meios de propagação da luz, sendo que há os meios transparentes, translúcidos e opacos, conforme a Figura 1. Os meios transparentes são caracterizados por permitirem que a luz se propague por eles em linha reta, nos meios translúcidos a luz se propaga de forma irregular, enquanto os meios opacos não permitem a propagação da luz por eles. Vidro, água e glicerina são exemplos de meios transparentes, já o metal, a madeira e a borracha são definidas como meios opacos e vidros foscos, papel vegetal são materiais translúcidos.

Figura 2: Representação dos meios materiais.



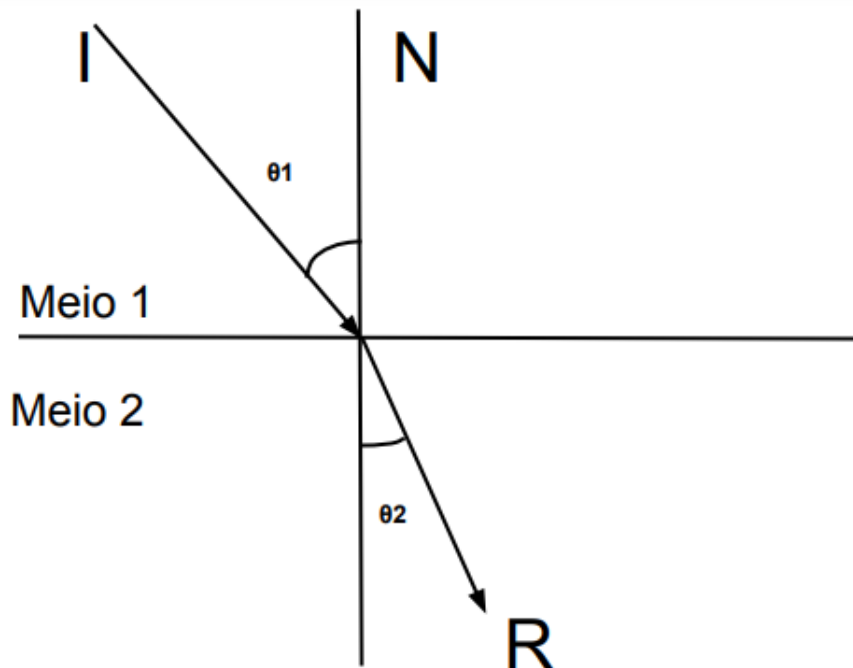
Fonte: A autora 2021

A óptica geométrica se baseia em três princípios:

- I- **Princípio da propagação retilínea da luz:** Em meios transparentes e homogêneos a luz se propaga em linha reta.
- II- **Princípio da independência dos raios de luz:** Dois ou mais raios seguem suas trajetórias independentemente um do outro, após se cruzarem.
- III- **Princípio da reversibilidade dos raios de luz:** a trajetória do raio de luz é a mesma, quando a luz troca de sentido.

A refração da luz se dá pela passagem da luz de um meio material para outro, ocasionando à mudança da velocidade da luz e em alguns casos a mudança da direção de propagação da luz, como está apresentado na Figura 2.

Figura 3 - Representação de raio de luz incidente (I) sobre um plano fictício, a reta normal à superfície de separação entre os diferentes meios de propagação da luz, reta normal (N) a esta superfície e o raio refratado ao passar pelo meio 2.



Fonte: A autora, 2021.

Mas o que faz com que a luz mude sua velocidade ao passar de um meio material para outro? A característica responsável por mensurar essa mudança está associada à grandeza física conhecida como índice de refração absoluto ( $n$ ), ou seja, a dificuldade que a luz encontra ao se propagar por um material. Pode-se dizer que um meio é mais refringente ou menos refringente devido a esta característica. O índice de refração absoluto de um meio pode ser representado matematicamente pela razão entre a velocidade luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz ( $v$ ) no meio que ela está se propagando, conforme (1)

$$n = c/v \quad (1)$$

O índice de refração da luz possibilita fazer uma comparação entre a velocidade da luz no meio ( $v$ ) e a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ). Onde os meios que são chamados de mais refringentes são aqueles nos quais a luz propaga-se com uma menor velocidade, possuindo assim uma maior refringência, ou seja, um índice de refração maior. Já aqueles com menor refringência, maior velocidade de propagação da luz. Em síntese, esse número característico do meio possibilita identificar quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior que a velocidade da luz no meio estudado.

Outro aspecto interessante ligado ao índice de refração absoluto da luz de um meio, é que ele está relacionado à frequência (cor) da radiação luminosa que se propaga pelo meio, apresentando diferentes índices de refração absolutos para diferentes cores da luz. O maior valor do índice de refração da luz ocorre para a cor violeta e o menor para a luz vermelha. Essa propriedade é a responsável pela formação do arco-íris (dispersão da luz branca).

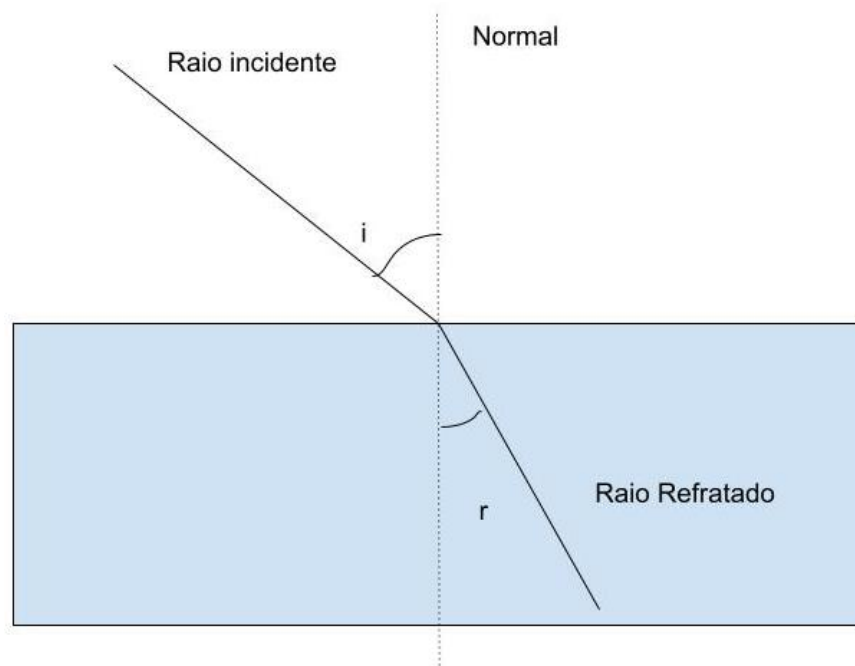
A refração é um fenômeno muito presente em nosso cotidiano desde uma simples observação dos objetos, até mesmo as altas tecnologias presentes nos lasers, nos equipamentos médicos e nos mais sofisticados telescópios.

#### 4.2.1 As leis da refração

A refração da luz pode ser descrita através de duas leis, que são chamadas as leis da refração da luz.

A primeira lei da refração diz que o raio de luz incidente, ou seja, aquele que incide na superfície que separa os meios, a reta normal, aquela que sempre faz um ângulo perpendicular (ângulo de  $90^\circ$ ) com a superfície separadora, e o raio de luz refratado, aquele que se propaga no segundo meio, estão sempre contidos no mesmo plano, ou seja, são coplanares, Figura 4.

Figura 4: Representação da 1ª. Lei da Refração da luz, apresentado o raio incidente, o raio refratado, a reta normal e os ângulos incidente  $i$  e refração  $r$ , sendo o plano que contém estes é o plano da folha.



Fonte: A autora, 2021

A segunda lei da refração, também conhecida como lei de Snell- Descartes estabelece uma relação entre os ângulos do raio incidente e do raio refratado. Segundo Snell o quociente entre o seno do ângulo do raio incidente pelo seno do ângulo raio refratado é uma constante. Vale ressaltar que o ângulo do raio incidente, assim como do raio refratado são medidos em relação à reta normal, e não em relação à superfície que separa os meios.

A lei de Snell-Descartes pode ser descrita pela equação (2)

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (2)$$

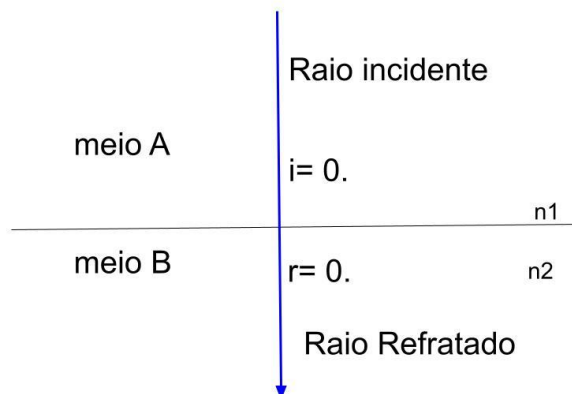
onde  $n_1$  é o índice de refração do meio de incidência,  $n_2$  é o índice de refração do meio de refração,  $i$  é o ângulo do raio incidente e  $r$  é o ângulo do raio refratado.

Como consequência da segunda lei da refração podemos observar que, quanto maior for o índice de refração absoluto de um meio menor será o ângulo, seja de incidência ou de refração, pertencente a este meio.

Analisando a lei de Snell-Descartes podemos extrair quatro situações:

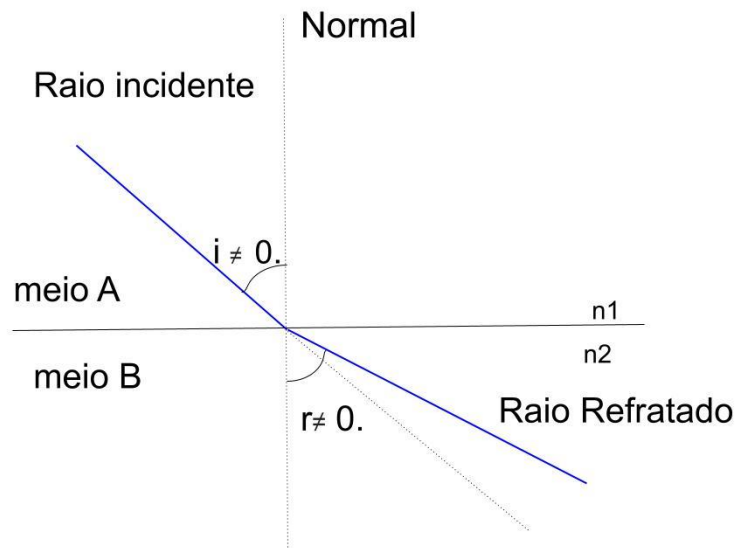
- Incidência normal,  $i = r = 0^\circ$ . O raio refratado não muda de direção, sendo  $n_1 \neq n_2$ , apresentado na Figura 5.

Figura 5: Representação do raio incidente incidindo a zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com zero grau, mesmo os meios A e B tendo índices de refração diferente.



- O raio de luz com incidência oblíqua passa de um meio de maior refração para um meio de menor refração, assim o raio refratado se afasta da normal, com  $n_1 > n_2$ . Como apresentado na Figura 6.

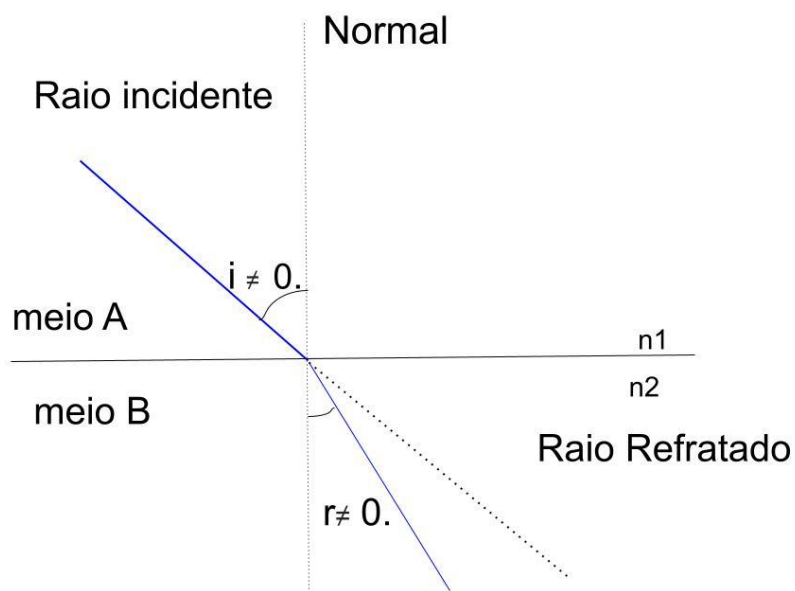
Figura 6: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente de zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente.



Fonte: A autora, 2021

- O raio de luz com incidência oblíqua passa de um meio de menor refração para um meio de maior refração, assim o raio refratado se aproxima da normal, quando  $n_1 < n_2$ , apresentado na Figura 7.

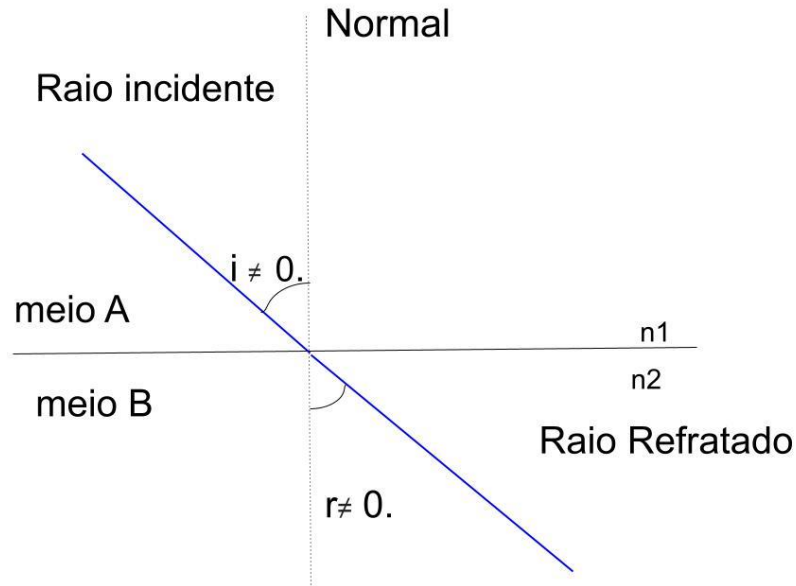
Figura 7: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente.



Fonte: A autora, 2021

- Se os índices de refração dos dois meios são iguais. O raio refratado não muda de direção, sendo  $n_1=n_2$ , observado na Figura 8.

Figura 8: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente.



Fonte: autora, 2021

Nesse caso, como os meios apresentam a mesma refração, a luz não muda de velocidade ao passar do primeiro para o segundo meio, um é “invisível” ao outro. A esse fenômeno chamamos *continuidade óptica*.

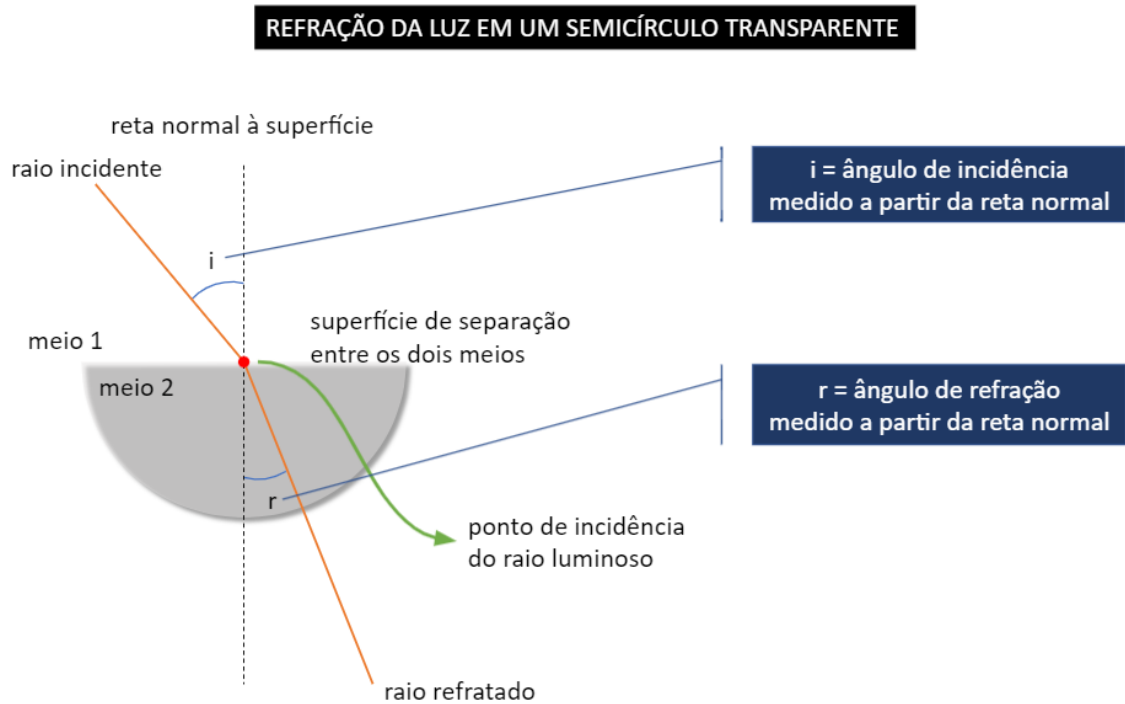
Como já foi dito anteriormente o fenômeno de refração da luz possui diversas aplicações no dia a dia, e para compreender melhor muitas destas se faz necessário o entendimento óptico de alguns objetos que permitem que a refração da luz ocorra em suas estruturas. Dentre muitos destes objetos ópticos podemos citar a lâmina de faces paralelas e o prisma que possui comportamentos ópticos bem específicos que serão detalhados a seguir.



### 4.3 SEMIDISCO TRANSPARENTE

O semidisco transparente é um instrumento óptico no formato de meia circunferência, na qual o raio de luz pode incidir em uma face e emergir na face seguinte, representado na Figura 9.

Figura 9: Representação do semidisco, com raio incidente, raio refratado e seus respectivos ângulos.



Fonte: Andrade, André V.

Ao incidir na superfície de separação entre os meios o raio de luz pode sofrer um desvio e refratar retornando para o meio de origem, como pode ser visto na Figura 9. Nesta figura é possível observar o raio incidente com seu respectivo ângulo de incidência, o raio refratado com seu ângulo de refração, assim como a superfície que separa os dois meios - o meio de refração, que é a peça de acrílico, e o meio onde ela está inserida (que, na maioria dos casos, é o ar).

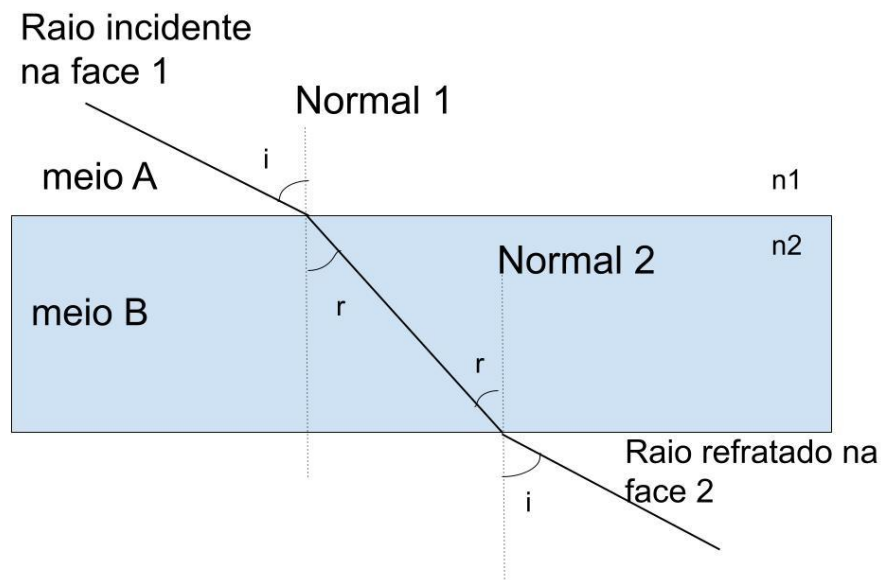
Quando se tem um objeto como este, é possível através da segunda lei da refração determinar o índice de refração absoluto do meio material que constitui a peça. Para isto é necessário conhecer o índice de refração da luz onde a peça está inserida, o ângulo de incidência e o ângulo de refração e assim aplica-se a equação 2, segunda lei da refração, para determinação do índice de refração da luz da peça. Assim como também é possível, através mesma lei, estabelecer os ângulos de incidência ou de refração, conforme a necessidade na situação.

#### 4.4 LÂMINA DE FACES PARALELAS

A lâmina de faces paralelas é um objeto óptico constituído por um meio material transparente no formato de uma fina placa que separa três meios materiais de estudo, a saber: o meio de entrada/incidência, o meio material que forma a lente, e o meio de saída/emergência (que é, normalmente, o mesmo de incidência). Um exemplo que se pode considerar é uma placa fina de vidro imersa no ar, ao se observar este exemplo é possível ver que a luz sofre sucessivas refrações em suas superfícies separadoras.

Nesta situação o raio de luz sofre dupla refração ao incidir na superfície separadora, a primeira ocorre na primeira interface (ar/vidro) e a segunda refração na segunda interface (vidro/ar). Devido ao princípio de Fermat, que diz que a luz ao percorrer uma distância entre dois pontos fará esta trajetória no menor tempo, o raio refratado dentro do vidro sofre um desvio de seu caminho, como é possível observar na Figura 10.

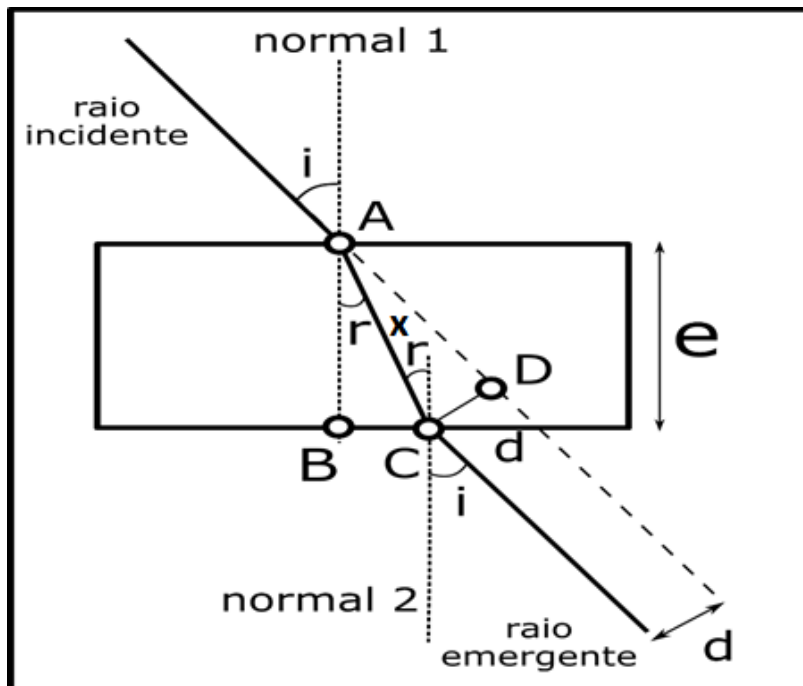
Figura 10: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralelas.



Fonte: Autora, 2021

Este desvio é chamado de desvio lateral e tem características específicas devido ao formato da placa fina e das refrações que ocorrem no processo. É possível observar que o raio de luz que sai da segunda face separadora é paralelo ao raio que incide na primeira interface da placa fina, apresentado na Figura 11.

Figura 11: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralelas, e seu comportamento óptico.



Fonte: autora, adaptado.

Na figura acima (Figura 11) é possível observar os raios incidentes e refratados nas superfícies separadoras, assim como os ângulos. Onde  $i$  é o ângulo do raio incidente na primeira interface e o refratado na segunda face,  $r$  é o ângulo do raio refratado na primeira interface e  $r$  é o ângulo do raio incidente na segunda face, e  $e$  é a espessura da placa. Considerando os triângulos ABC e ACD, e usando um pouco de conhecimento de geometria é possível estabelecer uma relação matemática para este desvio lateral, que relaciona a espessura da placa fina e os ângulos do fenômeno. Assim temos:

$$\cos r = \frac{e}{x} \quad (3)$$

e

$$\sin(i - r) = \frac{d}{x} \quad (4)$$

isolando  $x$  temos:

$$x = \frac{e}{\cos r} \quad (5)$$

$$x = \frac{d}{\sin(i - r)} \quad (6)$$

igualando as equações 5 e 6 temos:

$$\frac{e}{\cos r} = \frac{d}{\sin(i-r)} \quad (7)$$

assim:

$$d = \frac{e \sin(i-r)}{\cos r} \quad (8)$$

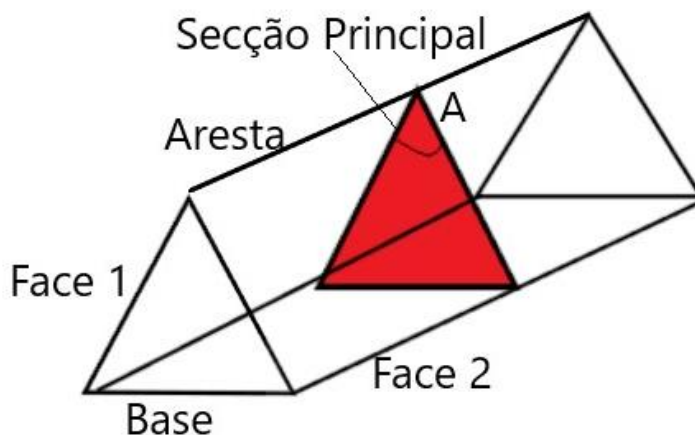
Onde  $d$  é o desvio lateral, ou seja, a distância entre a direção do raio incidente na primeira interface e a direção do raio refratado na segunda face da lâmina, também chamado de deslocamento lateral.

As lâminas de faces paralelas são muito utilizadas devido ao fato delas permitirem a luz sofrer desvios sem mudar sua direção de propagação.

#### 4.4 PRISMAS ÓPTICOS

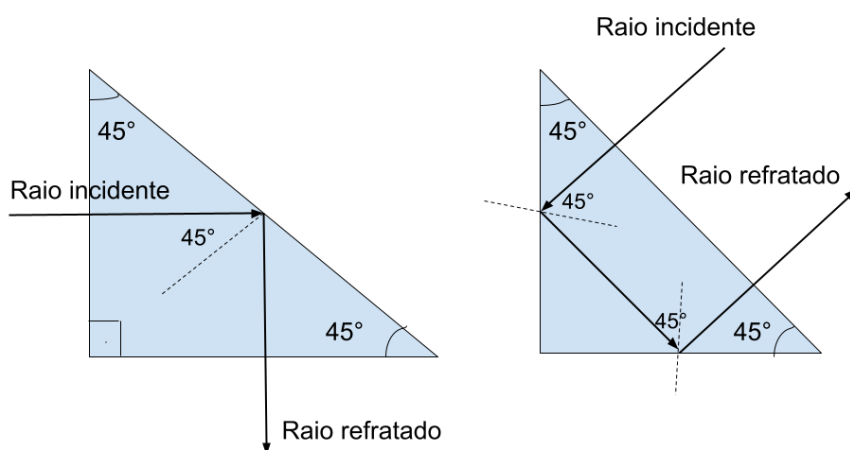
Geralmente, prismas ópticos são objetos com formato de prisma regular de base triangular, formados por um meio homogêneo e transparente. Possuem duas superfícies planas que não são paralelas entre si e que formam as faces do prisma. Por sua vez, essas faces se interceptam em uma das arestas do prisma (HEWITT, 2015). O ângulo que existe entre as duas faces do prisma é chamado de ângulo de abertura **A** ou de ângulo de refração. Geralmente os prismas ópticos possuem o formato triangular, na Figura 12 pode-se observar algumas características do prisma triangular.

Figura 12: Representação do prisma, com suas características.



Diferentemente da lâmina de faces paralelas que produz um desvio lateral, o prisma por suas características geométricas e refrativas gera um desvio angular quando raios de luz incidem em suas faces, na Figura 13 é possível observar duas situações as quais os raios de luz sofrem a refração ao passarem pelo prisma triangular.

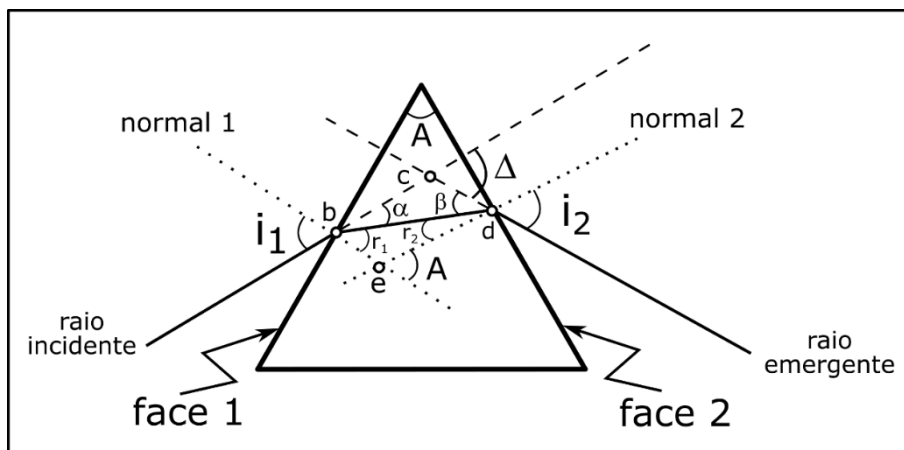
Figura 13: Representação do prisma, com o desvio angular. Nas figuras estão representadas duas situações de desvio angular do prisma, que permitem reflexões internas do raio de luz.



Fonte: A autora, 2021

É possível estabelecer este desvio analisando o comportamento físico do raio de luz que incide no prisma, este comportamento está apresentado na Figura 13.

Figura 14: Representação do comportamento óptico do prisma supondo estar imerso em um meio homogêneo e transparente.



Fonte: Andrade, André Vitor. Orientador deste trabalho.

Ao incidir na primeira face, face 1, o raio incidente, incide com o ângulo  $i_1$  e refrata com um ângulo  $r_1$ , esse se propaga pelo prisma até encontrar a segunda face, a face 2, incidido com o ângulo  $r_2$  e refratando  $i_2$ , emergindo para o meio de origem do raio incidente, como pode ser verificado na Figura 14. É possível observar que existe uma angulação entre o raio de luz incidente e o raio emergente, o ângulo  $\Delta$ .

Pode-se observar que o raio incidente e o raio emergente não são paralelos, o que indica um desvio angular  $\Delta$ . Na Figura 13 são observados, também, o desvio angular na primeira interface  $\alpha$  e o desvio angular na segunda interface  $\beta$ , considerando o triângulo com o raio no interior do prisma e o ângulo de abertura e relações geométricas conclui-se que:

$$A + (90 - r_1) + (90 - r_2) = 180 \quad (9)$$

$$A + (90 + 90) - (r_1 + r_2) = 180 \quad (10)$$

$$A = r_1 + r_2 \quad (11)$$

$A$  é o ângulo de abertura ou de refração entre as faces.

Analisando o comportamento dos ângulos de incidência e de refração tem-se:

$$\Delta = \alpha + \beta \quad (12)$$

$\Delta$  é o desvio total

Temos também que:

$$\alpha = i_1 - r_1 \quad (13)$$

$\alpha$  é o desvio angular na primeira interface.

$$\beta = i_2 - r_2, \quad (14)$$

$\beta$  é o desvio angular na segunda interface.

Assim tem-se:

$$\Delta = i_1 - r_1 + i_2 - r_2,$$

$$\Delta = i_1 + i_2 - (r_1 + r_2),$$

$$\Delta = i_1 + i_2 - A \quad (15)$$

Que permite o cálculo do desvio angular total em função dos ângulos do raio de luz incidente na primeira face e do raio emergente na segunda face e do ângulo de abertura.

Analisando o comportamento óptico do prisma percebe-se que existe um desvio mínimo, apresentado na Figura 14, quando os ângulos de incidência do raio na primeira interface e a ângulo do raio refratado na segunda interface são iguais, sendo assim as equações do desvio total:

$$i_1 = i_2 = i \quad (16)$$

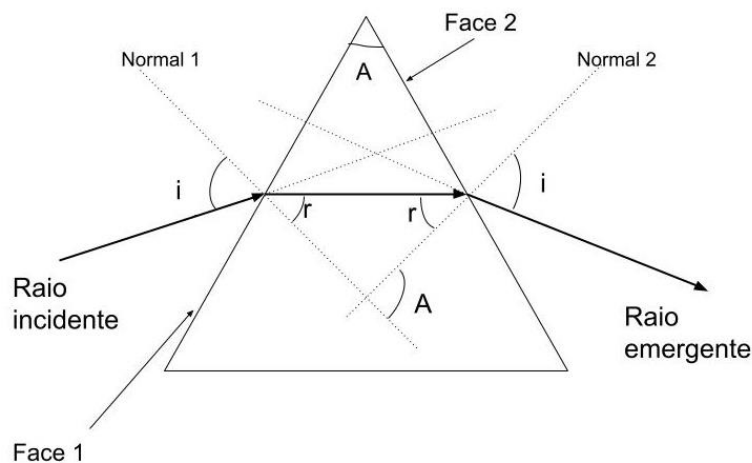
nestas condições a segunda lei da refração:

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (17)$$

Temos:

$$r_1 = r_2 = r$$

Figura 15: Representação do comportamento óptico do prisma, com o desvio mínimo.



Fonte: A autora, 2021

Nestas condições conclui-se que, como mostra a Figura15:

$$A = 2r \quad (18)$$

$$\Delta_m = 2i - A \quad (19)$$

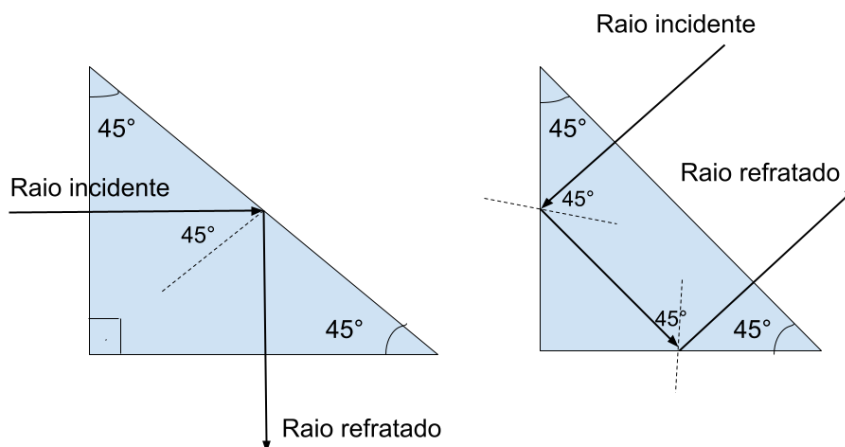
$$\Delta_m = 2i - 2r = 2(i - r) \quad (20)$$

$\Delta_m$  é a equação para o desvio mínimo em um prisma triangular.

Além do desvio angular, outros fenômenos ópticos de interesse que ocorrem nos prismas são: a dispersão da luz (decomposição da luz policromática branca em suas componentes) e a reflexão total, visto que o desvio da luz dentro do prisma pode ser suficiente para vencer o ângulo limite.

O prisma de Amici tem a característica de refletir a luz que incide nele a um ângulo de  $90^\circ$  com a superfície incidente, e o prisma de Porro faz com que a luz que incide nele sofra uma reflexão a um ângulo de  $180^\circ$  com a superfície incidente, fazendo uma inversão no sentido do raio de luz, representados na Figura 15. Nas duas situações o prisma é formado por um triângulo isósceles, mas é posicionado de formas diferentes frente ao raio de luz. Estes tipos de prismas são muito utilizados na substituição de espelhos planos na construção de instrumentos ópticos, permitindo um melhor aproveitamento da luz que é refletida.

Figura 16: Representação dos prismas de Amici e Porro.





## **5 SUGESTÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA, UEPS.**

### **5.1 UEPS DESENVOLVIDA PELA AUTORA.**

Neste capítulo será apresentada uma sugestão de UEPS que o docente pode estar desenvolvendo em suas aulas frente ao conteúdo de refração da luz.

Como foi mencionado anteriormente, o primeiro passo para o desenvolvimento da UEPS é a definição de um tema, o qual será abordado durante as aulas. Após esta escolha, é importante que se estabeleça questões, perguntas, situações que serão propostas aos alunos durante a aplicação da UEPS, lembrando que deve haver um aumento na complexidade destas questões, perguntas, situações para que se possa proporcionar um desenvolvimento no cognitivo do aluno. Sendo assim no apêndice **A** deste produto educacional é apresentado uma sugestão de plano da UEPS que pode ser desenvolvida.

Após o docente organizar um planejamento da UEPS, deve montar o planejamento das aulas que serão ministradas durante a UEPS. A autora desenvolveu a UEPS para ser aplicada na realização da pesquisa da dissertação, na qual ela utilizou um total de oito horas-aula, porém na prática, a mesma percebeu que seria interessante um mínimo de dez horas-aula distribuídas da seguinte maneira: duas horas-aula para a aula introdutória, duas horas-aula para aplicação da atividade experimental da peça semidisco, duas horas-aula para aplicação da atividade experimental da peça lâmina de faces paralelas, duas horas-aula para aplicação da atividade experimental da peça prisma, duas horas-aula para conclusão da UEPS.

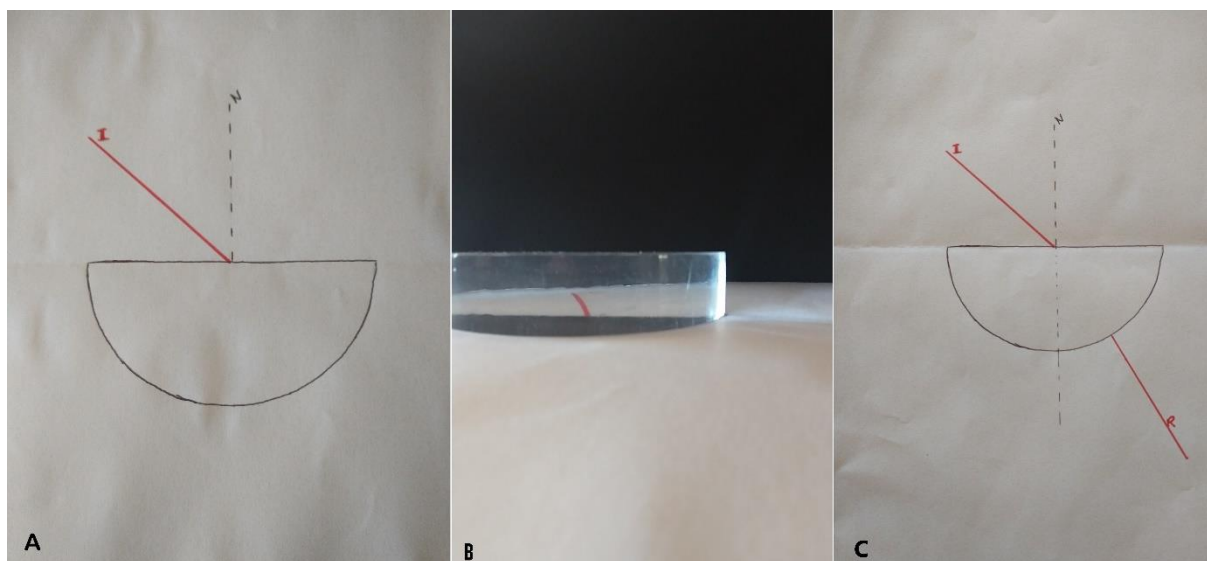
Na aula introdutória a sugestão é que o docente primeiramente faça um levantamento dos subsunçores de seus alunos, no caso este levantamento pode ser feito através de perguntas, imagens, tiras, texto, situação problema, demonstração de atividade experimental. No caso da autora, ela inicialmente fez alguns questionamentos aos seus alunos, anotando as argumentações levantadas e posteriormente apresentou algumas demonstrações do fenômeno para que os mesmos pudessem sugerir uma explicação para o fenômeno. Este primeiro momento é para buscar os subsunçores dos alunos para que o docente possa trabalhar com estes, buscando a reorganização, reconciliação e hierarquização com os novos conhecimentos. Lembrando que a sugestão de avaliação do processo seja feita através dos mapas conceituais dos estudantes, sendo assim ao final de cada aula é importante que eles sejam convidados a confeccionar seus mapas conceituais

individuais. A autora também apresenta uma sugestão de plano de aula no apêndice **B**.

Para dar sequência a UEPS a sugestão é apresentar as atividades experimentais com as peças em acrílico para os alunos. Neste caso cada peça de acrílico seria uma atividade experimental, a ideia que a duração de cada aula seja de aproximadamente duas horas-aula, na qual inicialmente os alunos são convidados a apresentar seus mapas conceituais, os quais foram desenvolvidos no momento anterior para o grupo, para que assim eles possam expor seus pensamentos através da verbalização, podendo assim assimilar os conceitos envolvidos ao fenômeno. Após a leitura dos mapas conceituais, convidá-los a vivenciar o fenômeno através da atividade experimental com as peças em acrílico.

A atividade experimental com as peças em acrílico consiste na observação do raio de luz, que neste caso é o traço feito com lápis de cor na folha de papel através da peça. Em primeiro lugar os estudantes irão dobrar uma folha de papel sulfite ao meio para fazer uma marca - para que se possa distribuir melhor as características dos desenhos pela folha – e na parte superior eles desenharão o contorno da peça de acrílico com um lápis. Em seguida, solicitar que tracem uma reta normal ao plano da peça e uma linha, com um lápis de cor forte, que representará o raio de luz incidente, conforme mostra a figura 17-A. Então, a partir do raio visualizado através da peça (figura 17-B), que desenhem a sua continuação, que representará o raio refratado (figura 17-C).

Figura 17- Representação dos traços do raio incidente e da reta normal em A, vista do traço do raio incidente pela peça em B, e traço do raio refratado pela peça em C



Fonte: Autora, 2021.

O uso de lápis de cor forte é indicado para uma melhor visualização, através da peça de acrílico, do traço desenhado, facilitando o desenho da sua continuação. Convém lembrar que o traço de lápis de cor não atravessa a peça de acrílico, como ocorreria com um raio de luz de um laser, por exemplo, mas que esse traço se comporta como um objeto, e o que é visto é a imagem formada deste através da peça.

Os roteiros das atividades experimentais para as peças de acrílico encontram-se nos apêndices **D, F e H**. Nestes apêndices, é possível observar as orientações para o desenvolvimento das atividades nas peças de acrílico no formato de semidisco, lâmina de faces paralelas e prisma, inicialmente é possível notar que os passos iniciais se assemelham, o que muda nestas três aulas da sequência é o enfoque e a complexidade que se dá no decorrer das aulas. O mais importante é que o aluno consiga vivenciar, reorganizar e ressignificar o fenômeno de refração da luz em meios transparentes, que ao final do processo ele consiga estabelecer uma hierarquização entre os conceitos envolvidos nos fenômenos. Nos apêndices **C, E e G** estão apresentadas sugestões de planos de aulas para estas etapas da UEPS.

Após o término das aulas com a realização das atividades experimentais a sugestão que o docente organize uma conclusão para a UEPS, neste momento é importante que os alunos externem aquilo que eles têm em seu cognitivo sobre a refração da luz, assim sendo, o docente pode iniciar este momento com uma conversa, discussão, debate, mesa redonda para que eles novamente sejam

convidados a reorganizar, ressignificar e reconciliar os conceitos relacionados ao fenômeno abordado. Nesta etapa os alunos devem confeccionar um último mapa conceitual da UEPS, para que se possa avaliar através da escrita deste a evolução que possa ter ocorrido. Vale ressaltar aqui que a autora deste não realizou nesta última etapa uma leitura por parte dos alunos, ou seja, não foi disponibilizado para eles um momento de reflexão no final da aplicação da UEPS de seus mapas desenvolvido durante o processo, mas ao analisar seus dados ela percebeu que seria importante nesta etapa da aplicação da UEPS, um momento para que os alunos pudessem comparar seus mapas confeccionados durante a UEPS, para que os mesmos conseguissem perceber a reconfiguração que passaram. Na pesquisa realizada pela autora quem acabou por fazer esta análise foi a mesma e o seu orientador. Sendo que ela no momento da análise observou que seria interessante esta análise por parte dos alunos também.

Em relação ao método de avaliação a proposta que seja realizada de uma forma diferente da tradicional uma vez que se busca uma aprendizagem significativa, sendo assim, é inevitável que avalie o aluno de uma maneira a qual não “caia” nas tradicionais avaliações presentes no ensino tradicional. Uma das ferramentas utilizadas foram os mapas conceituais, como a literatura nós mostra eles são excelentes ferramentas que evidenciam indícios de aprendizagem. Então esses seriam uma ótima sugestão para ser usada pelos docentes durante a aplicação da UEPS como forma de avaliação. A bibliografia também nos mostra que é sim possível realizar uma boa avaliação com os mapas conceituais, pois ao observar os mapas é possível verificar a hierarquização existente no cognitivo dos alunos. A autora apresenta no apêndice I uma proposta de plano de aula para a conclusão da UEPS.

Vale ressaltar que as sugestões expressas neste trabalho são para contribuir, auxiliar os docentes frente aos conceitos relacionados ao fenômeno de refração da luz, assim sendo o docente têm a opção de adaptar os planos de aula e roteiros com sua realidade, pois saberá quais os empecilhos que dificultam o processo ensino-aprendizagem em suas turmas. É de extrema importância, porém, que o docente nunca deixe de buscar uma aprendizagem significativa que faça sentido para o aluno, a qual possibilite a formação de cidadãos críticos e conscientes de seus deveres e compromissos com todos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional visou disponibilizar aos docentes de física mais um material para auxiliar em suas aulas de física no que tange aos conceitos relacionados a refração da luz em meios materiais transparentes no formato de semidisco, lâmina de faces paralelas e prismas.

Para o desenvolvimento do mesmo se utilizou as primícias da teoria da aprendizagem significativa de Ausebel e Novak, assim como as ideias amplamente apresentada pelo professor Marco Antonio Moreira. E mais do que utilizar essas primícias o objetivo deste é proporcionar aos nossos estudantes a possibilidade de uma aula diferenciada que busca por uma aprendizagem significativa, que faça sentido para os mesmos, que permita que eles deem significado para aquilo que está sendo estudado, e não seja apenas uma etapa obrigatória que eles têm que passar para ter o tão esperado diploma do Ensino médio.

Sabe-se que atualmente existem diversas ferramentas disponíveis que possibilitam um processo de ensino- aprendizagem, mas o intuito aqui é que o docente esteja aberto a análise destas ferramentas e que ele possa optar por aquelas que permitam o desenvolvimento do seu aluno de uma forma completa.

Este material buscou apresentar sugestões de aulas que permitissem o docente utilizar materiais simples e de custo baixo para trabalhar os conceitos relacionados a refração da luz em meios transparentes. Vale ressaltar que o docente que optar por utilizar esta UEPS tem a liberdade de incrementar itens ou ferramentas não utilizadas pela autora durante o momento que ela aplicou a UEPS.

É importante lembrar que quando se trata de confeccionar mapas conceituais uma ferramenta muito útil para isto é o CmapTools, um excelente recurso digital para a produção de mapas conceituais, permitindo que os mesmos sejam feitos em rede, em conjunto. Esta ferramenta possui bancos de dados com mapas conceituais sobre diversos temas, os quais possibilitam a comparação com os mapas que estão sendo confeccionados, seja pelo educador ou pelo estudante.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Michele. A.; COSTA, Sayonara. S.C; **O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio.** Porto Alegre, 2006.
- AUSUBEL, D.P; NOVAK, J.D; E HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BARROS, Marcelo A.; CARVALHO, Anna M. P. A História da Ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Ciência & Educação**, v.5 n.1, p. 83–94, 1998. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/bsMxsFJvBgvF7zTtFXWzqqv/abstract/?lang=pt> Acesso em: 02 dez. 2021.
- BEZERRA, Sergio. H. O. **Atividades Experimentais Em Unidade De Ensino Potencialmente Significativas.** Belém, 2016.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base.** Brasília: MEC/SEB, 2018.
- COURROL, Lilia. C; e Preto, André. O. **Óptica Geométrica.** São Paulo: Editora Unifesp, 2011.
- GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel. C.C. **Atividades Experimentais De Demonstrações Em Sala De Aula: Uma Análise Segundo O Referencial Da Teoria De Vigotski.** São Paulo. 2017
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual** - 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.
- LOPES, Ricardo. R. S. **Conceitos de Eletricidade e Suas Aplicações Tecnológica: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.** UFES. Vitória, 2014.
- MARQUES, Gil da Costa; UETA, Nobuko. **Ótica (Básico)** (Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, São Paulo, 2007). Disponível em <http://efisica.if.usp.br/ótica/básico/>, seções 1 ao 5, acesso em: 05 dez. 2021.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física.** v.2. 5 ed. São Paulo: Scipione, 2000.
- MELO, Ana C. S.; PEDUZZI, Luiz. O. Q. Contribuições da epistemologia Bachelardiana no estudo Da história da óptica. **Revista Ciência & Educação**, v.13 n.1,p.99-126,2007.Disponível em <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mGv9WHtJZGy96P4qfVbDCpF/abstract/?lang=pt> Acesso em: 02 dez. 2021.
- MOREIRA, Marco. A. **A teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget- Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999. p. 95 – 107
- MOREIRA, Marco. A. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas.** **Revista Brasileira de Ensino de Física.** Porto Alegre, 2000.

MOREIRA, Marco. A. **Mapas Conceituais E Aprendizagem Significativa**, 1<sup>o</sup> ED. São Paulo: Centauro. 2010.

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

MOREIRA, Marco. A. **Unidades De Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista**. Rio Grande do Sul, v.1 n.2 p. 43 – 63, 2011.

MOREIRA, Marco. A. **Uma análise crítica do ensino de Física. Revista estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, Issue: 94, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsFwPqr6hjzyLQzs/>. Acesso em: 08 dez. 2021

MOREIRA, Marco. A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.43 suppl.1, e20200451, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsFCRNFCxFhqLy/>. Acesso em: 08 dez.2021.

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

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 11, 2010.

OESTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Editora Evangraf, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Educação. Departamento de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Estaduais para a Educação Básica: Física**. Curitiba, 2008.

PIRES, Antonio T.S. **Evolução das ideias da Física**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

ROSAS, R; SEBASTIÁN. C. **Piaget, Vigoski Y Matuarana: Constructivismo A Tres Voces**. AIQUE, 2008.

ROSSI, Paolo. **O nascimento da Ciências Moderna na Europa**. / Paolo Rossi; tradução de Antonio Angonese. Bauru; SP:EDUSC, 2001

SANT' ANNA, Blaidi.; MARTINI, Gloria.; RESI, H. Carneiro.; SPINELLI, Walter. **Conexões com a Física. Volume 2: Estudo do calor Óptica geométrica Fenômenos ondulatórios**. 1 ed. São Paulo: Moderna, 2010.

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna**. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice A - Plano da UEPS**



## **UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) – Refração da Luz e Refração da Luz no acrílico.**

### **PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR O CONCEITO DE REFRAÇÃO DA LUZ, E REFRAÇÃO DA LUZ EM PEÇAS DE ACRÍLICO.**

**Objetivo: Ensinar os conceitos físicos envolvidos na refração da luz para estudantes do Ensino Médio.**

**1. Situação inicial:** Em uma discussão inicial com os alunos, com o objetivo de fazer uma investigação sobre os conhecimentos destes em relação a refração da luz, estes deverão expor aspectos físicos que eles acreditam que estejam envolvidos com esta temática, para que eles possam perceber que estes conceitos físicos estão em seu dia a dia. *Duração deste momento: 10 a 15 min/aula.*

#### **2. Situações problemas:**

Após esta primeira discussão a aula deve ser direcionada de tal forma que possibilite os educandos problematizar o conceito da refração da luz, para isto o professor deverá expor exemplos, imagens, experimentos que permitam o estudante refletir com uma maior complexidade, neste momento o professor além destas estratégias, pode fazer algumas perguntas tais como:

- Como enxergamos os objetos;
- O que acontece com luz quando ela chega em nossos olhos, ao enxergamos os objetos;
  - Por que a colher parece estar quebrada quando colocada em um copo com água?
  - Por que é difícil pegar um objeto que está submerso?
  - Quais fatores físicos podem influenciar nestas percepções?
  - Estes conceitos físicos, discutidos neste momento está no nosso cotidiano, eles podem interferir no nosso dia a dia.

Obs.: Experimentos plausíveis de serem utilizados neste momento: Copo com água e colher, glicerina em vidros (para discutir invisibilidade) e gel invisível (poliacrilato de sódio)

Ao término destes momentos o professor deverá realizar uma atividade junto com os educandos na montagem de um mapa conceitual individual referente a refração da luz. *Duração deste momento: 30 min/aula.*

### **3. Sequência do processo de aprendizagem.**

Dando sequência no processo de aprendizagem deve se propor ao estudante técnicas que possibilite um aumento no nível de complexidade em relação os conceitos trabalhados. Assim nesta aula o objetivo é oferecer materiais que permitam este aumento de complexidade, sendo oferecido para o educando peças de acrílico, na forma de semidisco para que eles junto com seus colegas possam vivenciar na prática a refração da luz na peça, junto com a peça os alunos devem receber lápis de cor e papel para que eles possam representar o fenômeno da refração na folha.

Depois deste momento deve ocorrer uma discussão entre os estudantes para que eles consigam perceber e relacionar o novo conhecimento com os que ele já sabe, transformando sua estrutura cognitiva. É importante que esta discussão seja registrada de alguma forma, assim pode se desenvolver um novo mapa conceitual, porém já se pode trazer uma hierarquização dos tópicos, para que o estudante vá estruturando estes novos conceitos em seu cognitivo.

Nestes momentos o professor tem o papel de mediador e não de detector de todo o conhecimento. Sendo assim é essencial que ele promova um ambiente que possibilite que os alunos tenham uma aprendizagem significativa com uma interação social.

Duração deste momento: 2 h/ aula.

### **4- Nova situação – problema.**

Para contribuir ainda mais para a complexidade do conteúdo, será apresentado aos educandos uma nova peça de acrílico, agora no formato de lâminas paralelas, para que eles vivenciem também a refração nesta peça e discutam também o fenômeno permitindo cada vez mais uma aprendizagem significativa.

Deve se ressaltar que estas atividades com as peças de acrílico necessitam ser situações que permitam que os estudantes trocam seus conhecimentos, seus aprendizados para que este conceito físico seja realmente significativo a eles.

Duração deste momento: 2 h/ aula.

### **5- Aprofundando o conceito.**

Na sequência do desenvolvimento da UEPS, será disponibilizado mais um momento com peças de acrílicos, agora em formato de prisma, para que os alunos possam mais uma vez trabalhar e discutir o fenômeno de refração da luz. O objetivo deste momento é permitir a aprendizagem do conceito físico de refração com um nível

de complexidade maior, possibilitando o estudante novas significações para este conceito.

O nível de complexidade nesta sequência de aulas sempre será aumentando, no caso nesta aula os educandos serão estimulados a observarem o comportamento do raio de luz que atravessa a peça de acrílico e com os conhecimentos já existentes sobre geometria eles terão que estabelecer a relação matemática do desvio angular que ocorre na peça com o formato de prisma e depois tentar relacionar os conceitos trabalhados com aplicações no cotidiano.

Duração deste momento: 2 h/ aula.

#### **6- Aula expositiva dialogada integradora final.**

Nesta aula os educandos serão convidados a debater sobre os conceitos que foram trabalhados e discutidos nos últimos encontros sobre refração, eles serão estimulados a relatar o que conseguiram aprender sobre refração da luz e o comportamento do raio de luz nas diferentes peças de acrílicos e relacionar com o cotidiano, buscando a reconciliação integradora. Porém mais uma vez o docente tem a função de mediador entre os alunos e o conhecimento a ser discutido, eles devem decidir o que é mais relevante para a sua aprendizagem.

Ao final deste momento os educandos deverão confeccionar um mapa conceitual para que este permita uma comparação com o primeiro feito no início desta UEPS.

Duração deste momento: 1 h/ aula.

#### **7- Avaliação da aprendizagem na UEPS.**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os alunos. Esta UEPS não tem como objetivo a memorização do conceito de refração da luz em peças de acrílico, mas sim uma aprendizagem significativa, ou seja, tem como meta que o educando use seus conhecimentos preexistentes em seu cognitivo para servir de ancoramento para o novo conceito. Que eles consigam dar um novo significado para aquilo que já está no seu cognitivo. Com isto a avaliação desenvolvida com eles deve possibilitar o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. A confecção de mapas conceituais vai permitir eles refletirem sobre os conceitos discutidos e ainda possibilitar que relatem o que foi compreendido sobre o fenômeno de refração da luz.

#### **8- Avaliação da UEPS.**

O desenvolvimento de mapas conceituais no decorrer das aulas tem o objetivo de evidenciar as possíveis mudanças no cognitivo dos alunos, sendo assim a

avaliação da UEPS, vai ocorrer de maneira sistêmica buscando uma aprendizagem significativa.

**Apêndice B - Plano de aula do momento introdutório.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 1**

<b>I. Plano de Aula</b>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 1 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Refração da luz</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de demonstração experimental, o fenômeno físico da refração da luz.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar o fenômeno físico da refração da luz.</li> <li>• Relacionar o fenômeno de refração da luz com o meio de propagação da luz.</li> </ul>
<p><b>V. Referencial teórico:</b></p> <p>Em um primeiro momento o professor irá investigar quais são os conhecimentos que os alunos têm em relação ao fenômeno de refração da luz, para que posteriormente estes possam ser ancorados aos novos conceitos adquiridos durante a aula. É importante salientar que o docente terá a função de mediador entre o que o educando já sabe e o que se pretende que ele aprenda significativamente.</p>
<p><b>VI. Conteúdo:</b></p> <p>Etapa 1: Observando a refração da luz ao mudar de meio de propagação.  Etapa 2: Percebendo a relação do índice de refração do meio de propagação.</p>

**VII. Desenvolvimento da aula:**

Inicialmente o professor fará um levantamento entre os educandos para saber se eles conhecem o fenômeno de refração, antes deste momento será eleito um aluno que ficará responsável em anotar os possíveis comentários deles. Além do fenômeno de refração, o docente também irá instigar os alunos a refletirem sobre as possíveis relações que este fenômeno pode ter com o cotidiano, e outras relações plausíveis de serem feitas neste momento.

Depois disto o professor irá demonstrar alguns experimentos voltados ao fenômeno de refração, tais como: copo vazio, copo com uma colher, copo com colher mais uma quantidade de água, aquário vazio, aquário e moeda, aquário mais moeda e água, um recipiente com glicerina, copo com bolinhas de gel e para finalizar copo com bolinhas de gel e água. Vale ressaltar que em todo o momento de demonstração o docente deve interagir com os educandos para que estes possam desenvolver seu cognitivo frente ao fenômeno de refração. É importante que eles façam as possíveis relações e conclusões referentes a discussão, e que essas sejam registradas pelo aluno eleito no início para tal.

Após este debate eles serão convidados a confeccionar um mapa conceitual individual, com o que foi abordado até então e conceitos que eles acreditem estarem relacionado ao referido conceito.

**VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, aquário transparente, moeda, Glicerina, recipiente para colocar a glicerina, copo, água e colher, bolinhas de gel.

**IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os alunos.

**X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice C: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato de semidisco.**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 2**

<b>I. Plano de Aula</b>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 2 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Refração da luz</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de atividade experimental, o fenômeno físico da refração da luz.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar o fenômeno físico da refração da luz.</li> <li>• Representar, por meio de desenhos em folha de papel branco, o fenômeno da refração da luz.</li> <li>• Calcular o índice de refração da luz do acrílico.</li> </ul>
<p><b>V. Referencial teórico:</b></p> <p>No início o professor fará uma breve discussão dos temas abordados nesta UEPS, com o objetivo de estar retomando os conceitos físicos trabalhados, o propósito deste momento da aula é possibilitar uma organização dos conhecimentos dos educandos. Depois o intuito da aula é permitir que estes possam obter um conhecimento mais complexo em relação ao conhecimento já existente no cognitivo dos mesmos. Sendo assim eles serão convidados a ancorar os novos conhecimentos desta aula com os conhecimentos de outros momentos.</p>
<p><b>VI. Conteúdo:</b></p> <p>Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.</p>

Etapa 2: Calculando o índice de refração do acrílico.

### **VII. Desenvolvimento da aula:**

Ao iniciar a aula o professor fará uma breve retomada da aula anterior, onde se desenvolveu uma discussão sobre os conceitos envolvidos com o fenômeno de refração da luz com algumas demonstrações. Após esta retomada o professor irá entregar aos alunos os materiais necessários para atividade experimental (papel sulfite A4, peças de acrílico no formato de semidisco, lápis de cor e transferidor), em seguida os mesmos irão realizar a atividade em grupo com o auxílio do professor, para a observação e descrição do fenômeno de refração da luz.

Após a observação e descrição no papel sulfite do fenômeno, os alunos deverão medir os ângulos de incidência e de refração, obtidos dos desenhos da atividade anterior. Com a utilização da Lei de Descartes-Snell, os mesmos deverão calcular o índice de refração do acrílico e calcular o erro percentual entre o valor de referência para o acrílico e o valor experimental.

Em seguida, antes do término da aula deverá ocorrer um debate entre os estudantes para discussão dos resultados obtidos entre os grupos. Após este os alunos deverão confeccionar um mapa conceitual individual para análise do desenvolvimento da aprendizagem.

### **VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, semidisco de acrílico, lápis de cor, régua, transferidor e calculadora.

### **IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os alunos.

### **X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice D: Roteiro da atividade experimental com a peça no formato de semidisco.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
FÍSICA MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – ATIVIDADE EXPERIMENTAL  
SEMIDISCO.**

ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL

**Tema: Índice de refração da luz**

Grupo: \_\_\_\_\_ data: \_\_\_\_\_

---

**Objetivos:**

- Observar o fenômeno físico da refração da luz.
- Calcular o índice de refração do acrílico.

**Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.**

- Colocar o semidisco de acrílico sobre uma folha de papel branco. Com o auxílio de um lápis preto, desenhar cuidadosamente o contorno do semidisco.
- Traçar, nesse desenho, uma reta pontilhada perpendicularmente à superfície plana do contorno passando pelo seu ponto médio. Marcar os pontos **A** e **B**, conforme Figura 1.

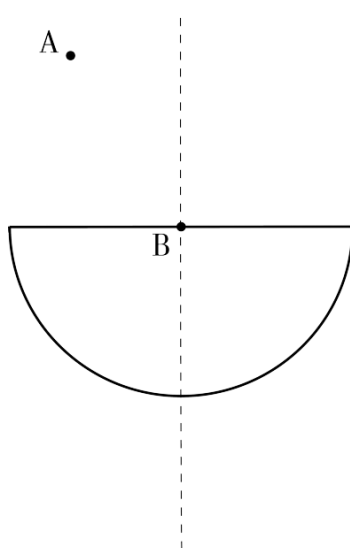


Figura 1

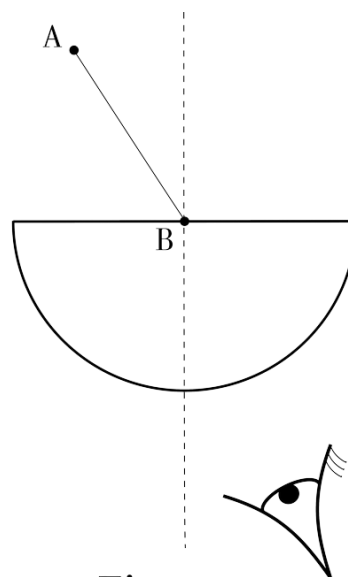
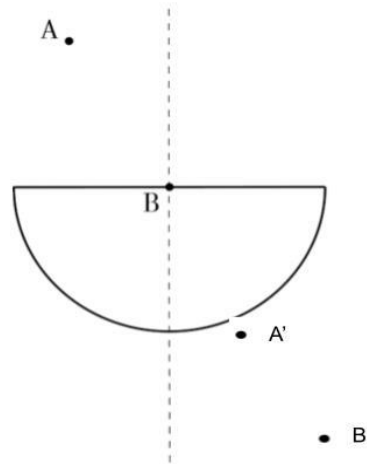


Figura 2

- Traçar uma reta unindo os pontos **A** e **B**. Utilize lápis de cor para fazer isso.

- Cuidado, esta é uma etapa crítica do trabalho! Colocar o semidisco sobre o desenho ajustando-o perfeitamente. Posicionar a sua visão paralelamente à superfície da folha de papel de modo a localizar a linha **AB** observando-a através da superfície curva (Figura 2). **Se a imagem da reta AB estiver “encurvada” sua observação estará errada!**
- A partir do ponto de observação, alinhar a ponta do lápis colorido com a reta AB. Marcar um ponto no papel (**A'**). Marcar outro ponto, alinhado com o ponto **A'** e a reta **AB** (**B'**).



- Retirar o semidisco. Traçar uma reta unindo o ponto **B** aos pontos **A'** e **B'**.

#### Questões

- Imaginando que a reta AB representa um raio de luz propagando-se no ar, e que a reta BA'B' é o mesmo raio de luz propagando-se no semidisco de acrílico. Escreva o que você observa.
  - Para que serve a reta normal à superfície de separação entre o ar e o acrílico (reta pontilhada traçada no item 2)?
  - Qual o Etapa 2: Calculando o índice de refração do acrílico.
- Os ângulos de incidência e refração são medidos entre os raios de luz (incidente e refratado) e a reta normal à superfície de separação entre os meios. Medir, com o auxílio de um transferidor, os ângulos  $i$  e  $r$ . Anotar.
  - O índice de refração do meio por onde passa o raio refratado, em relação ao índice de refração que contém o raio incidente é definido, geometricamente, entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração. Esta relação é conhecida como Lei de Snell-Descartes.

$$n_{2,1} = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \text{OU} \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Com o auxílio de uma calculadora científica, calcular  $n_{2,1}$ .

- O índice de refração do acrílico é igual a 1,49. Calcule o erro relativo percentual entre o valor calculado e o valor tabelado.

$$\% E = \frac{|n_{2,1} - 1,49|}{1,49}$$

**Apêndice E: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato da lâmina de face paralelas.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 3**

<p><b>I. Plano de Aula</b></p>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 2 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Refração da luz em lâmina de faces paralelas</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de atividade experimental, o fenômeno físico da refração da luz na lâmina de faces paralelas.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Objetivos conceituais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a refração da luz em uma lâmina de faces paralelas.</li> <li>• Verificar que o ângulo de incidência na primeira face da lâmina é igual ao ângulo de refração na segunda face</li> <li>• Verificar que o ângulo de refração na primeira face da lâmina é igual ao ângulo de incidência na segunda face.</li> <li>• Concluir que o raio de luz, ao atravessar a lâmina, não sofre desvio angular.</li> <li>• Deduzir a equação do desvio lateral do raio de luz.</li> <li>• Calcular o desvio lateral do raio de luz ao atravessar a lâmina de faces paralelas.</li> </ul> <p>Objetivos procedimentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traçar a trajetória de um raio de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas utilizando lápis, papel, régua e uma lâmina de faces paralelas de acrílico.</li> <li>• Medir os ângulos de incidência na primeira face, refração na primeira face, incidência na segunda face e refração na segunda face com o auxílio de transferidor.</li> <li>• Medir o desvio lateral do raio de luz ao atravessar a lâmina de faces paralelas.</li> </ul>



**V. Referencial teórico:**

No início o professor fará uma breve discussão dos temas abordados nesta UEPS, com o objetivo de estar retomando os conceitos físicos trabalhados, o propósito deste momento da aula é possibilitar uma organização dos conhecimentos dos educandos. Depois o intuito da aula é permitir que estes possam obter um conhecimento mais complexo em relação ao conhecimento já existente no cognitivo dos mesmos. Sendo assim eles serão convidados a ancorar os novos conhecimentos desta aula com os conhecimentos de outros momentos.

**VI. Conteúdo:**

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao atravessar a lâmina de faces paralelas

Etapa 2: Medindo e calculando o desvio linear do raio luminoso ao atravessar a lâmina de faces paralelas.

**VII. Desenvolvimento da aula:**

Para dar sequência nas aulas de refração da luz, os educandos serão convidados novamente desenvolver atividades experimentais com o uso de peças em acrílico, papel sulfite, lápis de cor e transferidor, porém agora o desafio será a observação e o comportamento da luz na peça com formato de bloco. Eles deverão perceber o comportamento de um raio de luz nesta peça e fazer uma comparação com a de formato de semidisco. Após observação e descrição dos raios de luz na peça de acrílico no formato de lâminas paralelas, eles serão estimulados a perceber que o ângulo de incidência na primeira face e o ângulo de refração na segunda face são iguais, assim como o ângulo de refração na primeira face é igual ao ângulo de incidência na segunda face. Em seguida eles terão o objetivo de estabelecer qual tipo de desvio ocorre nesta peça, perceber que este não é angular e determinar uma relação para o desvio lateral através das relações trigonométricas do triângulo retângulo. Depois eles deverão calcular o desvio lateral, para que seja possível calcular o erro percentual.

Para finalizar a aula os alunos deverão fazer uma breve discussão dos resultados encontrados e posteriormente desenvolver um mapa conceitual individual com os conceitos trabalhados.

**VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, blocos de acrílico, lápis de cor, régua, transferidor e calculadora.

**IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os alunos.

**X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice F: Roteiro da atividade experimental com a peça no formato de lâmina de faces paralelas.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
FÍSICA MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – ATIVIDADE EXPERIMENTAL  
LÂMINA DE FACES PARALELAS.**

ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL

**Tema: Desvio lateral de uma lâmina de faces paralelas.**

Grupo: \_\_\_\_\_ data: \_\_\_\_\_

---

Objetivos:

- Observar o fenômeno físico da refração da luz.
- Determinar a equação do desvio lateral.
- Calcular e medir o desvio lateral.

**Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.**

1. Colocar a lâmina de faces paralelas de acrílico sobre uma folha de papel branco. Com o auxílio de um lápis preto, desenhar cuidadosamente o contorno da lâmina de faces paralelas.
3. Traçar, nesse desenho, uma reta pontilhada perpendicularmente à superfície plana do contorno passando pelo seu ponto médio. Marcar os pontos **A** e **B**, conforme Figura 1.

Figura 1

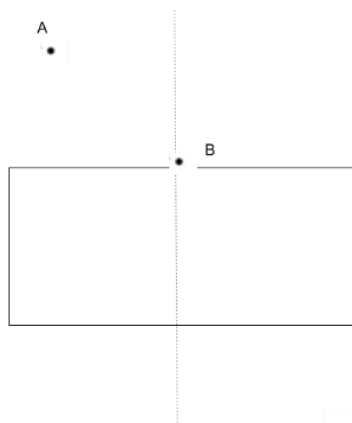
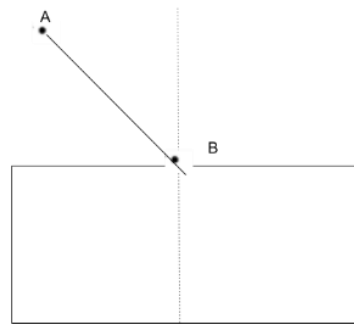


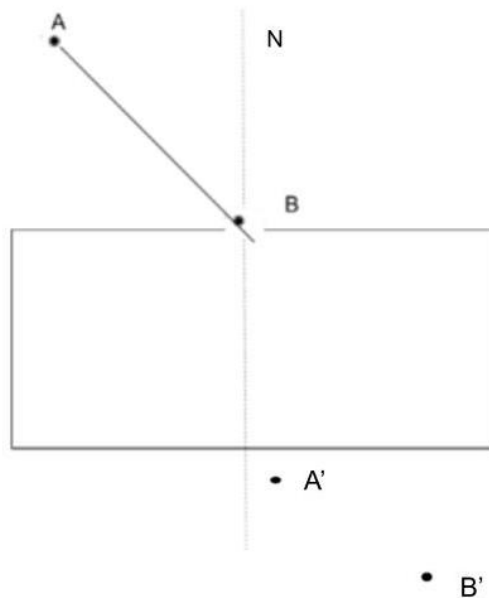
Figura 2



4. Traçar uma reta unindo os pontos **A** e **B**. Utilize lápis de cor para fazer isso.

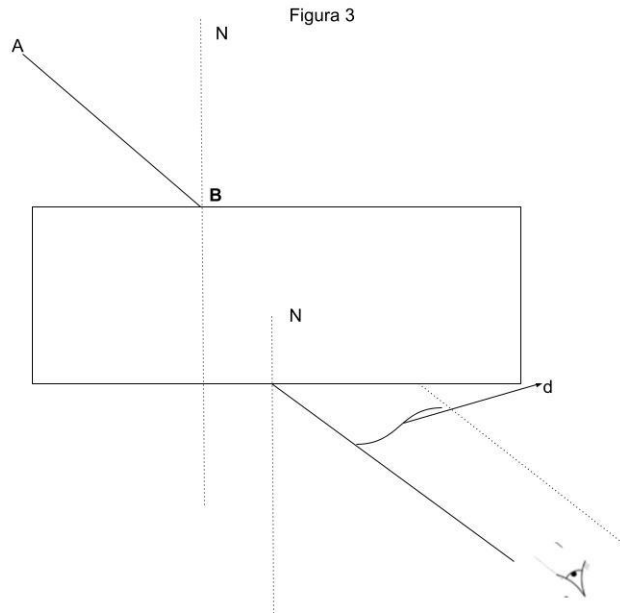
5. Cuidado, esta é uma etapa crítica do trabalho! Colocar a lâmina de faces paralelas sobre o desenho ajustando-o perfeitamente. Posicionar a sua visão paralelamente à superfície da folha de papel de modo a localizar a linha **AB** observando-a através da superfície curva (Figura 2). **Se a imagem da reta AB estiver “encurvada” sua observação estará errada!**

6. A partir do ponto de observação, alinhar a ponta do lápis colorido com a reta AB. Marcar um ponto no papel (**A'**). Marcar outro ponto, alinhado com o ponto **A'** e a reta **AB** (**B'**).



7. Retirar a lâmina de faces paralelas. Traçar uma reta unindo o ponto **B** aos pontos **A'** e **B'**.

Na figura 3 é possível verificar que existe uma distância entre o raio refratado  $A'B'$  e o que seria o  $AB$  sem passar pela lâmina, a distância  $d$ .



### Questões

- Imaginando que a reta  $AB$  representa um raio de luz propagando-se no ar, e que a reta  $BA'B'$  é o mesmo raio de luz propagando-se na lâmina de faces paralelas de acrílico. Escreva o que você observa.
  - Para que serve a reta normal à superfície de separação entre o ar e o acrílico (reta pontilhada traçada no item 2)?
  - Determine a equação que representa o valor de  $d$ , usando conceitos da geometria e as características da lâmina de acrílico.
- Os ângulos de incidência e refração são medidos entre os raios de luz (incidente e refratado) e a reta normal à superfície de separação entre os meios. Medir, com o auxílio de um transferidor, os ângulos  $i$  e  $r$ . Anotar.
  - Converse com seus colegas e tentem estabelecer relações entre o raio incidente e refratado, dando um conceito físico para a distância  $d$ .
  - Calcule o valor de  $d$ , através da equação que foi determinada para  $d$ .
  - Meça em sua figura o valor  $d$ . E debata em grupo as possíveis diferenças entre os valores.

**Apêndice G: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato de prisma.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 4**

<p><b>I. Plano de Aula</b></p>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 2 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Refração da luz em prismas.</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de atividade experimental, o fenômeno físico da refração da luz no prisma.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Objetivos conceituais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a refração da luz em um prisma.</li> <li>• Verificar que o ângulo de abertura do prisma é igual à soma dos ângulos de refração na primeira face e o de incidência da segunda face.</li> <li>• Verificar que o desvio na primeira face da lâmina é igual a diferença do ângulo de incidência na primeira face e o ângulo de refração na primeira face.</li> <li>• Verificar que o desvio na segunda face da lâmina é igual a diferença do ângulo de incidência na segunda face e o ângulo de refração na segunda face.</li> <li>• Concluir que o raio de luz, ao atravessar o prisma sofre desvio angular.</li> <li>• Deduzir a equação do desvio angular do raio de luz.</li> <li>• Calcular o desvio angular do raio de luz ao atravessar o prisma.</li> </ul> <p>Objetivos procedimentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traçar a trajetória de um raio de luz ao atravessar um prisma utilizando lápis, papel, régua e um prisma de acrílico.</li> <li>• Medir os ângulos de incidência na primeira face, refração na primeira face, incidência na segunda face e refração na segunda face com o auxílio de transferidor.</li> <li>• Medir o desvio angular do raio de luz ao atravessar prisma.</li> </ul>



**V. Referencial teórico:**

No início o professor fará uma breve discussão dos temas abordados nesta UEPS, com o objetivo de retomar os conceitos físicos trabalhados, o propósito deste momento da aula é possibilitar uma organização dos conhecimentos dos educandos. Depois o intuito da aula é permitir que estes possam obter um conhecimento mais complexo em relação ao conhecimento já existente no cognitivo dos mesmos. Sendo assim eles serão convidados a ancorar os novos conhecimentos desta aula com os conhecimentos de outros momentos.

**VI. Conteúdo:**

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao atravessar em um prisma.

Etapa 2: Medindo e calculando o desvio angular do raio luminoso ao atravessar um prisma.

**VII. Desenvolvimento da aula:**

Seguindo a sequência nas aulas de refração da luz, os educandos serão convidados mais uma vez a desenvolver atividades experimentais com o uso de peças em acrílico, papel sulfite, lápis de cor e transferidor, porém agora o desafio será a observação e análise no comportamento do raio de luz na peça com formato de prisma. Eles deverão perceber o comportamento do raio de luz nesta peça e fazer uma comparação com os outros formatos já vistos (semidisco e lâminas paralelas). Após observação e descrição dos raios de luz na peça de acrílico no formato de prisma, serão estimulados a perceber que o ângulo de abertura do prisma é a soma dos ângulos incidência na segunda face e de refração na primeira face. Assim como observar que existe um desvio no raio de luz no prisma na primeira face, tal como um desvio do raio de luz na segunda face e que estes geram um desvio total. E que esse difere do desvio que acontece nas lâminas paralelas. Em seguida eles terão o objetivo de estabelecer qual tipo de desvio ocorre nesta peça, perceber que este é angular, e determinar uma relação para o desvio angular usando as relações trigonométricas. Depois deverão calcular o desvio angular.

Para finalizar a aula os alunos deverão fazer uma breve discussão dos resultados encontrados e posteriormente desenvolver um mapa conceitual individual com os conceitos trabalhados.

**VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, prismas de acrílico, lápis de cor, régua, transferidor, calculadora.

**IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os alunos.

**X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice H: Roteiro da atividade experimental com a peça no formato de prisma.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – ATIVIDADE EXPERIMENTAL PRISMA  
TRIÂNGULAR**

**ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL**

**Tema: Desvio angular de um prisma**

Grupo: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

**Objetivos:**

- Observar o fenômeno físico da refração da luz.
- Determinar a equação do desvio angular.
- Calcular e medir o desvio angular.

**Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.**

- 1- Colocar o prisma de acrílico sobre uma folha de papel branco. Com o auxílio de um lápis preto, desenhar cuidadosamente o contorno do prisma.
- 2- Traçar, nesse desenho, uma reta pontilhada perpendicularmente à superfície plana do contorno passando pelo seu ponto médio. Marcar os pontos **A** e **B**, conforme Figura 1.

Figura 1

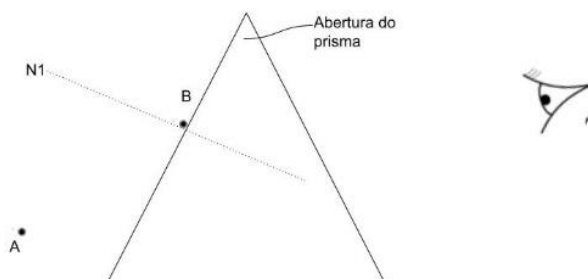
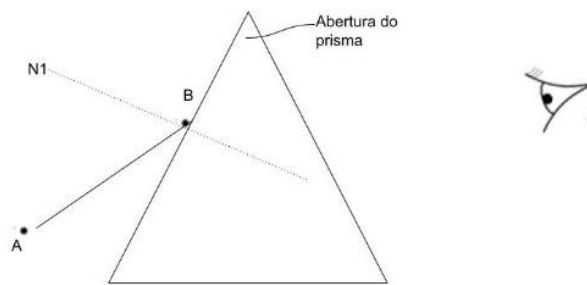


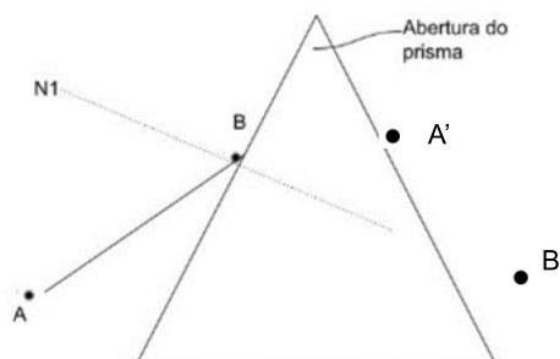
Figura 2



3- Traçar uma reta unindo os pontos **A** e **B**. Utilize lápis de cor para fazer isso.

4- Cuidado, esta é uma etapa crítica do trabalho! Colocar o prisma sobre o desenho ajustando-o perfeitamente. Posicionar a sua visão paralelamente à superfície da folha de papel de modo a localizar a linha **AB** observando-a através da superfície curva (Figura 2). **Se a imagem da reta AB estiver “encurvada” sua observação estará errada!**

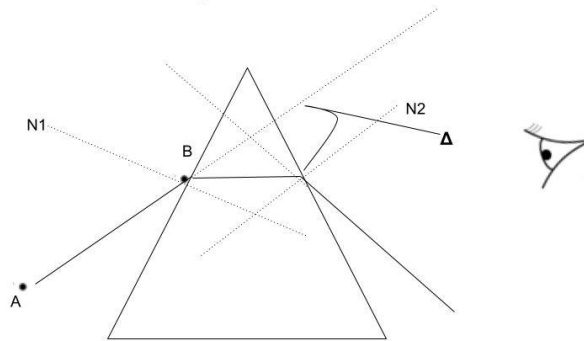
5- A partir do ponto de observação, alinhar a ponta do lápis colorido com a reta **AB**. Marcar um ponto no papel (**A'**). Marcar outro ponto, alinhado com o ponto **A'** e a reta **AB** (**B'**).



6- Retirar o prisma. Traçar uma reta unindo o ponto **B** aos pontos **A'** e **B'**.

Na figura 3 é possível verificar que existe uma distância entre o raio refratado **A'B'** e o que seria o raio **AB** sem passar pelo prisma, a distância  $\Delta$ .

Figura 3



### Questões

- Imaginando que a reta AB representa um raio de luz propagando-se no ar, e que a reta BA'B' é o mesmo raio de luz propagando-se no prisma de acrílico. Escreva o que você observa.
- Para que serve a reta normal à superfície de separação entre o ar e o acrílico (reta pontilhada traçada no item 2)?
- Determine a equação que representa o valor de  $\Delta$ , usando conceitos da geometria e as características do prisma.

7- Os ângulos de incidência e refração são medidos entre os raios de luz (incidente e refratado) e a reta normal à superfície de separação entre os meios. Medir, com o auxílio de um transferidor, os ângulos  $i$  e  $r$ . Anotar.

8- Converse com seus colegas e tentem estabelecer relações entre o raio incidente e refratado, dando um conceito físico para a distância  $\Delta$ .

9- Calcule o valor de  $\Delta$ , através da equação que foi determinada para  $\Delta$ .

10- Meça em sua figura o valor  $\Delta$ . E debata em grupo as possíveis diferenças entre os valores.

**Apêndice I: Plano de aula da Conclusão da UEPS.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 5**

<p><b>I. Plano de Aula</b></p>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS. DISCIPLINA: Física. PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht Tempo previsto: 1 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica Conceito a ser aprendido: Refração da luz</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Concluir a sequência de aulas da UEPS relacionada ao fenômeno físico da refração da luz.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Relatar o fenômeno físico da refração da luz.</li><li>• Discorrer sobre o fenômeno físico de refração da luz em peças de acrílico, nos formatos de semidisco, lâminas paralelas e prisma.</li><li>• Diferenciar o fenômeno físico de refração da luz em peças de acrílico, nos formatos de semidisco, lâminas paralelas e prisma.</li></ul>
<p><b>V. Referencial teórico:</b></p> <p>Nesta aula o docente terá a função de mediador entre o aluno e o conhecimento, ele irá orientar uma discussão entre eles, para que possam externalizar seus conhecimentos. Para que assim eles consigam organizar suas estruturas cognitivas, gerando uma hierarquização dos conhecimentos que foram trabalhos na UEPS, de refração da luz. É importante ressaltar que os conhecimentos adquiridos no decorrer seguem uma sequência de importância cognitiva, que se ancoraram nos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva dos educandos.</p>

**VI. Conteúdo:**

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar em diferentes peças de acrílico.

Etapa 2: Estabelecendo relações entre os conceitos aprendidos com o cotidiano.

Etapa 3: Estabelecendo relações entre os conceitos aprendidos com outros fenômenos físicos.

**VII. Desenvolvimento da aula:**

Esta aula é o término de uma sequência de aulas nas quais o objetivo central eram a observação e análise do fenômeno de refração da luz por parte dos educandos, sendo assim no início desta o professor fará um levantamento dos temas abordados nos últimos encontros, o objetivo é que os alunos possam se expressar verbalmente o que eles aprenderam até o momento sobre a refração da luz em peças de acrílicos. É também uma oportunidade para que eles possam interagir e debater sobre este tema. Essa análise e discussão serão registradas em um papel sulfite, para estudo do professor posteriormente dos levantamentos feitos por eles.

Após esta discussão os estudantes serão convidados a confeccionar um mapa conceitual dos conceitos abordados na UEPS, para o estudo da aprendizagem adquirida por eles.

**VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4.

**IX. Avaliação:**

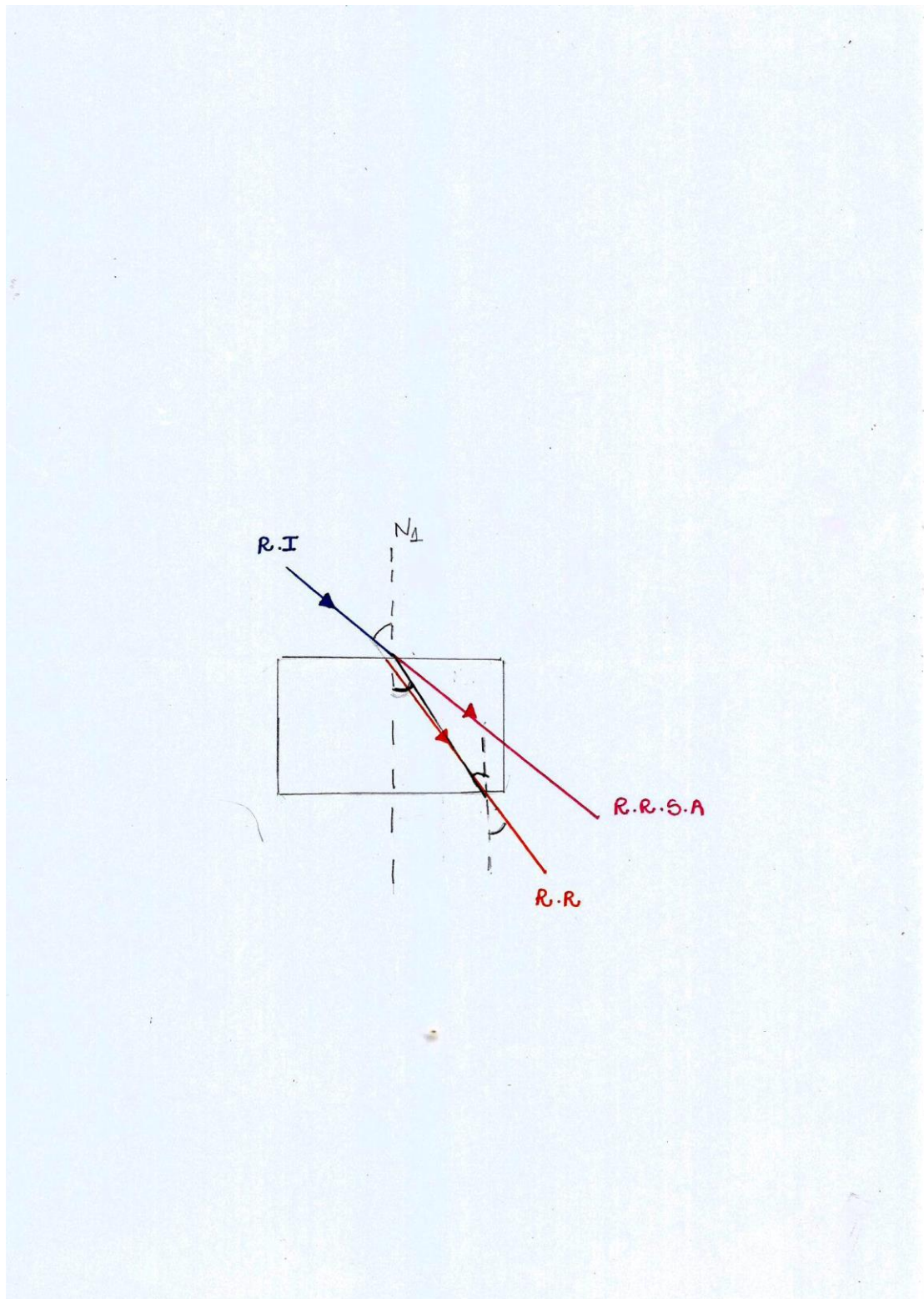
A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os alunos.

**X. Bibliografia:**

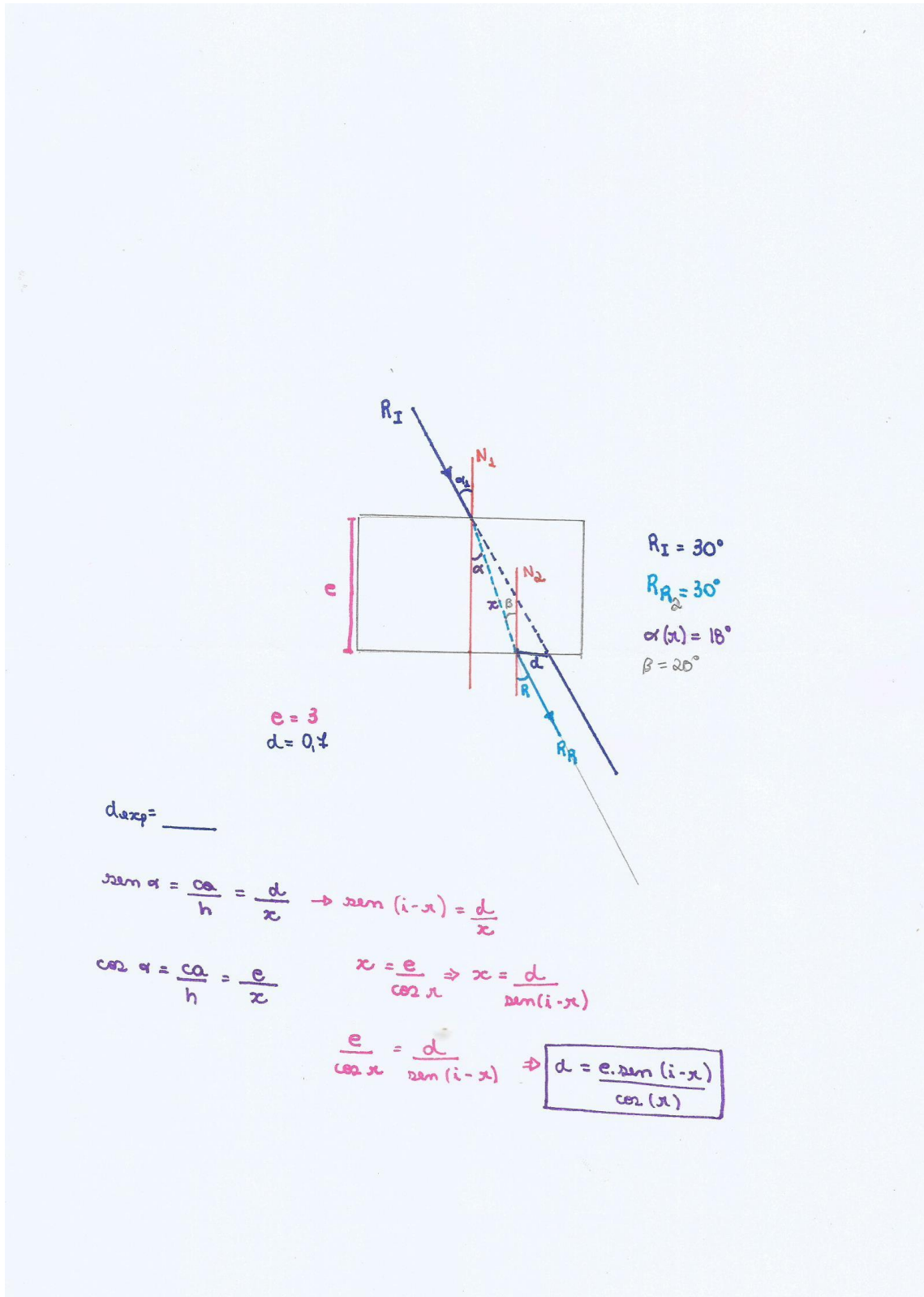
WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.



**ANEXO A - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS ESTUDANTES DURANTE A  
AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO  
FORMATO DE LÂMINA DE FACES PARALELAS. GRUPO 1.**

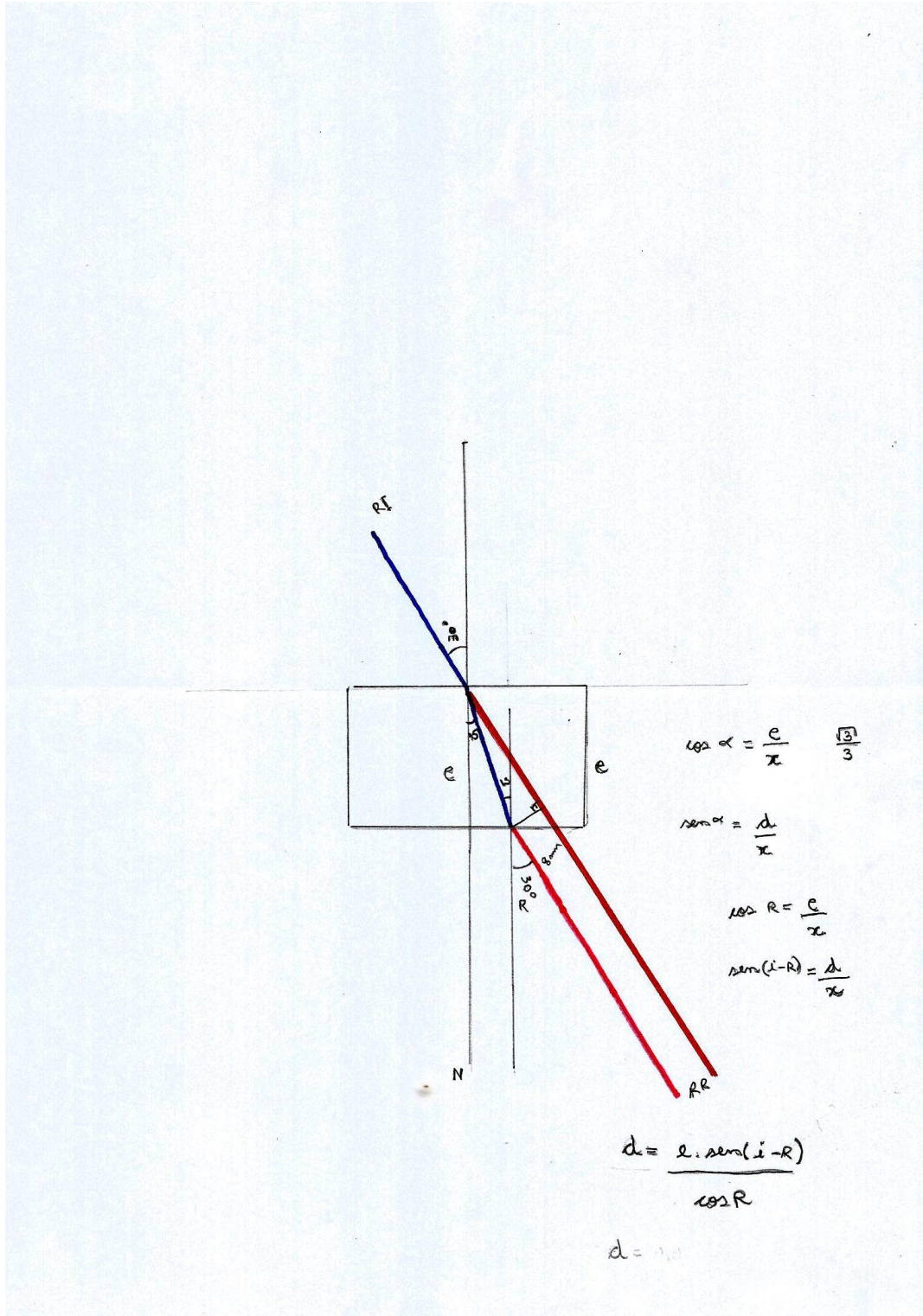


ANEXO B - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A  
AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO  
FORMATO DE LÂMINA DE FACES PARALELAS. GRUPO 2.

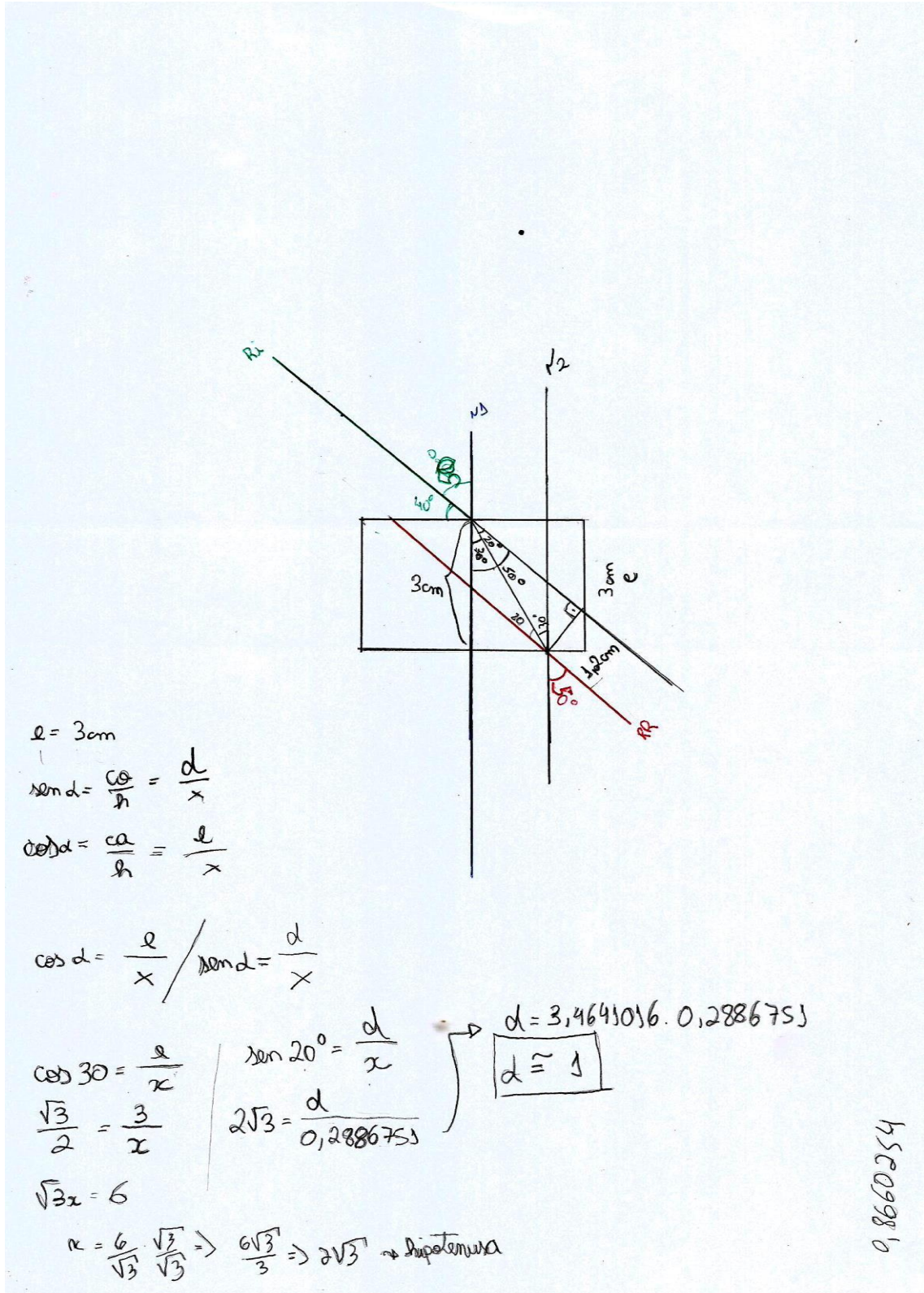




ANEXO C - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A  
AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO  
FORMATO DE LÂMINA DE FACES PARALELAS. GRUPO 3.



ANEXO D - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A  
AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO  
FORMATO DE LÂMINA DE FACES PARALELAS. GRUPO 4.





ANEXO E - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO FORMATO DE LÂMINA DE FACES PARALELAS. GRUPO 5.

$\cos \alpha = \frac{e}{h} \rightarrow h = \frac{e}{\cos \alpha}$   
 $\sin \alpha (i - n_2) = \frac{d}{h} \rightarrow h = \frac{d}{\sin \alpha (i - n_2)}$   
 $\frac{e}{\cos \alpha} = \frac{d}{\sin \alpha (i - n_2)}$   
 $d = \frac{e \sin \alpha (i - n_2)}{\cos \alpha}$

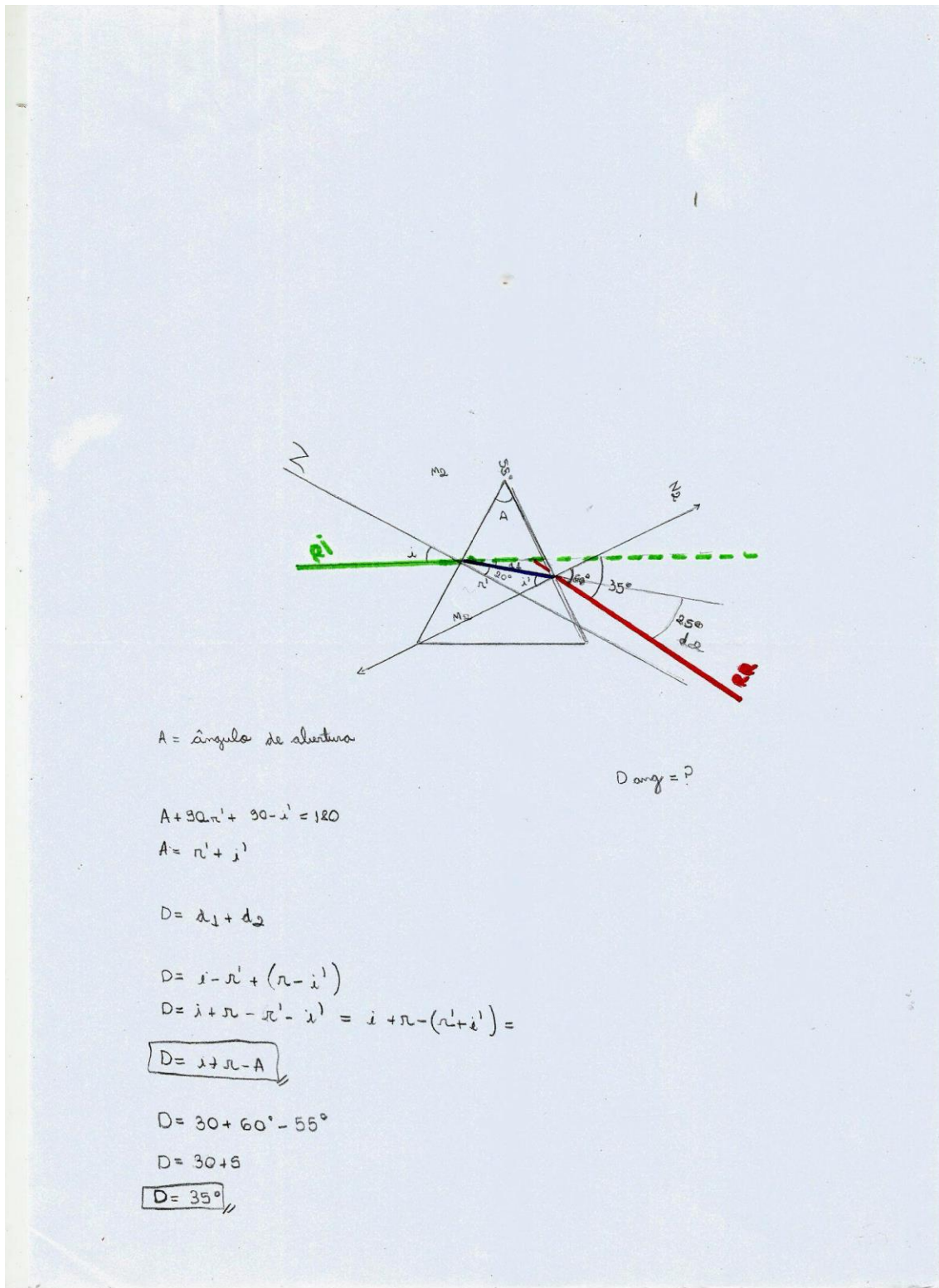
$d = \frac{3 \sin 15^\circ}{\cos 30^\circ}$   
 $d = 3 \cdot \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$   
 $\frac{2}{\sqrt{3}} d = \frac{3}{4}$   
 $\frac{2\sqrt{3}}{3} d = \frac{3}{4}$

$d_{\text{out}} = 9 \text{ mm}$

$\Delta 1:$   
 $\cos 30^\circ = \frac{ca}{h}$   
 $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$   
 $\frac{ca}{h} = \frac{\sqrt{3}}{2}$   
 $\frac{3}{h} = \frac{\sqrt{3}}{2}$   
 $\sqrt{3}h = 6$   
 $h = \frac{6}{\sqrt{3}}$   
 $h = \frac{6\sqrt{3}}{3}$   
 $h = 2\sqrt{3}$

$\Delta 2:$   
 $\sin 15^\circ = \frac{ce}{h}$   
 $\sin 15^\circ = \frac{1}{4}$   
 $\frac{ce}{h} = \frac{1}{4}$   
 $\frac{ce}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{4}$   
 $4ce = 2\sqrt{3}$   
 $ce = \frac{2\sqrt{3}}{4}$   
 $ce = \frac{\sqrt{3}}{2}$

ANEXO F - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A  
AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO  
FORMATO DE PRISMA. GRUPO 1.



ANEXO G - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO FORMATO DE PRISMA. GRUPO 2.

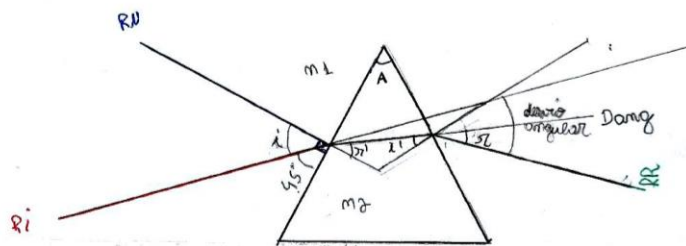
$n_1 > n_2$   
 $A \Rightarrow$  ângulo de abertura  
 $90 - n'$   
 $A + 90 - n' + 90 - i' = 180$   
 $A + 180 - n' - i' = 180$   
 $A = n' - i'$

$D = d_1 + d_2 \Rightarrow D = i - n' + (n - i')$   
 $d_1 = i - n'$   
 $d_2 = n - i'$   
 $D = i + n - (n' + i')$   
 $D = i + n - A$

$i' = 26$   
 $n' = 25$   
 $A = 25 + 26$   
 $A = 51$

**ANEXO H - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO FORMATO DE PRISMA. GRUPO 3.**

$A \rightarrow \text{ang. abertura}$   
 $n_1 < n_2$



$$A + 90 - r + 90 - i = 180^\circ$$

$$A + 180 - r - i = 180^\circ$$

$$\boxed{A = r + i}$$

$$d_1 + d_2 = D$$

$$D = i - r + (r - i)$$

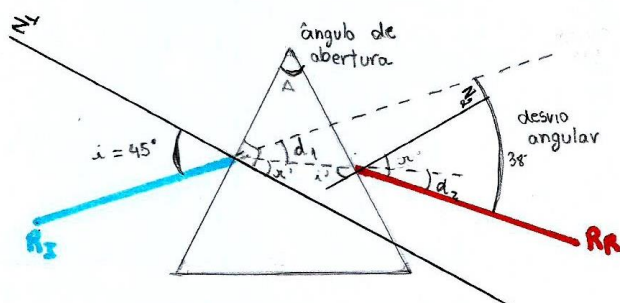
$$D = i + r - (r + i)$$

$$\boxed{D = i + r - A}$$

$$D = 45^\circ$$



ANEXO I - MATERIAL DESENVOLVIDO PELOS OS ESTUDANTES DURANTE A  
AULA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM A PEÇA DE ACRÍLICO NO  
FORMATO DE PRISMA. GRUPO 4.



$$A + 90 - r_1 + 90 - i' = 180$$

$$A + 180 - r_1 - i' = 180$$

$$A = r_1 + i'$$

$$D = d_1 + d_2$$

$$d_1 = i - r_1$$

$$d_2 = r_2 - i'$$

$$D = (i - r_1) + (r_2 - i')$$

$$D = i + r_2 - r_1 - i'$$

$$D = i + r_2 - (r_1 + i')$$

$$D = i + r_2 - A$$

$$D = 45 + 49 - 60$$

$$D = 34^\circ$$