

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

GUSTAVO PIZATTO

**PROPOSTA DE POTENCIALIZAÇÃO DO ENSINO/APRENDIZAGEM DE  
FÍSICA POR MEIO DE UM CONJUNTO DE EXPERIMENTAÇÃO EM ÓTICA  
DE GRANDES DIMENSÕES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

GUSTAVO PIZATTO

**PROPOSTA DE POTENCIALIZAÇÃO DO ENSINO/APRENDIZAGEM DE  
FÍSICA POR MEIO DE UM CONJUNTO DE EXPERIMENTAÇÃO EM ÓTICA  
DE GRANDES DIMENSÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado.

Orientadora: Prof. Dra. Marcia Muller

Coorientadora: Prof. Dra. Rita Zanlorensi  
Visneck Costa

CURITIBA

2021

**GUSTAVO PIZATTO**

**PROPOSTA DE POTENCIALIZAÇÃO DO ENSINO/APRENDIZAGEM DE  
FÍSICA POR MEIO DE UM CONJUNTO DE EXPERIMENTAÇÃO EM ÓTICA  
DE GRANDES DIMENSÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado à disciplina de Trabalho de  
Conclusão de Curso 2, do Curso de Licenciatura  
em Física da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para  
obtenção do título de Licenciado.

Data de aprovação: 27 de agosto de 2021

---

Jorge Alberto Lenz

Doutor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Álvaro Emílio Leite

Doutor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Rita Zanlorensi Visneck Costa

Doutora

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CURITIBA**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof. Dra. Marcia Muller e à Prof. Dra. Rita Zanlorensi Visneck Costa por todas as reuniões e orientações dos últimos semestres.

Ao meu pai, pelo apoio e preocupação do começo até o fim do curso.

À minha noiva, Nicolle Soares, por todas as horas me ajudando em todos os aspectos possíveis para que eu conseguisse concluir este trabalho, além de sempre estar ao meu lado quando eu mais precisava.

Aos meus antigos colegas de trabalho Thalita Ribeiro e Celso Silva que me ajudaram direta e indiretamente durante toda minha formação.

Aos amigos que a universidade me deu: Gyovanne, Camila, Hallecia e Natalia, que me auxiliaram de alguma forma na conclusão deste trabalho.

Aos meus alunos e ex-alunos, que mostraram o quão especial a profissão de professor pode ser, obrigado por todos os momentos que passamos juntos.

Ao meu primeiro professor de Física, Diego Farago Pastega, nossas conversas e suas aulas me influenciaram muito.

Aos professores Jorge Lenz e Álvaro Leite por aceitarem gentilmente avaliar este Trabalho de Conclusão de Curso.

## RESUMO

A utilização de experimentos em sala de aula é uma ferramenta didática importante para o ensino das ciências, principalmente da Física. Todavia, devido a diversas razões como falta de material adequado ou tempo, um número significativo de professores ainda opta por aulas tradicionais, nas quais os fenômenos físicos são expostos apenas por meio de imagens, desenhos e/ou diagramas. Isso pode ser comprovado, inclusive, nos livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático. Neste trabalho, é apresentado um conjunto de Ótica robusto, com um bom custo/benefício e componentes com dimensões maiores do que os comercializados atualmente. Os componentes do conjunto foram confeccionados em acrílico com dimensões que possibilitam a realização de experimentos em sala de aula. Os fenômenos podem ser visualizados pelos estudantes sem a necessidade de deslocar a turma até um laboratório. A proposta de aplicação do conjunto sugere a realização de experimentos relacionados com fenômenos de refração, reflexão total e dispersão da luz, além da verificação do comportamento da luz em dioptros planos, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes esféricas.

**Palavras-chave:** Demonstração de experimentos. Ótica. Ensino de Física.

## **ABSTRACT**

The use of experiments in the classroom is an important teaching tool for teaching science, especially physics. However, due to various reasons such as lack of adequate material or time, a significant number of teachers still opt for traditional classes, in which physical phenomena are exposed only through images, drawings and/or diagrams. This can even be proven in the textbooks approved in the National Textbook Program. In this work, a robust set of optics is presented, with a good cost/benefit and components with dimensions larger than those currently commercialized. The components of the set were made in acrylic with dimensions that allow the realization of experiments in the classroom. The phenomena can be visualized by the students without having to move the class to a laboratory. The proposal for the application of the specific set is to carry out experiments related to refraction, total reflection and light scattering phenomena, in addition to verifying the behavior of light in flat diopters, laminae with parallel faces, prisms and spherical lenses.

**Keywords:** Experiments demonstration. Optics. Teaching Physics.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PRINCÍPIO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ.....	20
FIGURA 2 – PRINCÍPIO DA REVERSIBILIDADE.....	21
FIGURA 3 – PRINCÍPIO DA INDEPENDÊNCIA.....	21
FIGURA 4 – REFLEXÃO DIFUSA.....	22
FIGURA 5 – REFLEXÃO ESPECULAR.....	22
FIGURA 6 – DIAGRAMA DO COMPORTAMENTO DE UM RAIOS DE LUZ REFLETIDO.....	23
FIGURA 7 – REFRAÇÃO COM E SEM DESVIO DO RAIOS INCIDENTE.....	23
FIGURA 8 – REFRAÇÃO COM INCIDÊNCIA OBLÍQUA.....	24
FIGURA 9 – REFLEXÃO INTERNA TOTAL.....	25
FIGURA 10 - CONJUNTO COMPLETO (PEÇA 1- LENTE PLANO- CONVEXA; PEÇA 2 - LÂMINA DE FACES PARALELAS; PEÇA 3 – PRISMA; PEÇA 4 - LENTE BICONVEXA DE ACRÍLICO; PEÇA 5 - LENTE BICONVEXA DE AR; PEÇA 6 - LENTE BICÔNCAVA DE ACRÍLICO; PEÇA 7 - LENTE BICÔNCAVA DE AR).....	30
FIGURA 11 – RAIOS LUMINOSO MONOCROMÁTICO COM INCIDÊNCIA NORMAL NA INTERFACE ENTRE DOIS MEIOS DIFERENTES (AR E ACRÍLICO) NENHUM DESVIO OCORRE.....	32
FIGURA 12 – RAIOS LUMINOSO MONOCROMÁTICO COM INCIDÊNCIA OBLÍQUA NA INTERFACE ENTRE DOIS MEIOS DIFERENTES (AR E ACRÍLICO), OCORRE UM DESVIO ANGULAR.....	33
FIGURA 13 – REFLEXÃO INTERNA TOTAL DEVIDO À INCIDÊNCIA DE UM ÂNGULO MAIOR QUE O ÂNGULO LIMITE.....	34
FIGURA 14 – REFLEXÕES INTERNAS TOTAIS SUCESSIVAS DE FORMA SEMELHANTE AO QUE OCORRE EM UMA FIBRA ÓTICA .....	35
FIGURA 15 – DESVIO LATERAL DO RAIOS DE LUZ.....	35
FIGURA 16 – PRISMA DE AMICI.....	36
FIGURA 17 – PRISMA DE PORRO.....	37
FIGURA 18 – COMPORTAMENTO DE UMA LENTE BICONVEXA DE ACRÍLICO IMERSA NO AR.....	38

FIGURA 19 – COMPORTAMENTO DE UMA LENTE DE BORDAS GROSSAS DE ACRÍLICO IMERSA NO AR.....	38
FIGURA 20 – COMPORTAMENTO DE UMA LENTE DE BORDAS GROSSAS DE AR IMERSA NO ACRÍLICO.....	39
FIGURA 21 – COMPORTAMENTO DE UMA LENTE DE BORDAS FINAS DE AR IMERSA NO ACRÍLICO.....	39
FIGURA 22 – DESENHOS DAS PEÇAS 6 E 7.....	48
FIGURA 23 – DESENHO DA PEÇA 1.....	49
FIGURA 24 – DESENHOS DAS PEÇAS 4 E 5.....	50
FIGURA 25 – DESENHOS DAS PEÇAS 2 E 3.....	51



## LISTAS DE TABELAS

TABELA 1 – QUANTIDADE DE TRABALHOS DE ÓTICA ENCONTRADOS NOS EVENTOS SNEF E ENPEC DOS ÚLTIMOS 15 ANOS.....	13
TABELA 2 – QUANTIDADE DE ARTIGOS SOBRE EXPERIMENTAÇÃO EM ÓTICA NOS ÚLTIMOS 15 ANOS.....	14
TABELA 3 – QUANTIDADE DE ARTIGOS SOBRE EXPERIMENTAÇÃO DE ACORDO COM SUAS UNIDADES DE ANÁLISE.....	14
TABELA 4 – LIVROS DE FÍSICA DO PNLD 2018 ESCOLHIDOS PARA ANÁLISE.....	27
TABELA 5 – PRESENÇA DE EXPERIMENTOS DE ÓTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	27
TABELA 6: ANÁLISE DOS LIVROS POR CRITÉRIOS PREESTABELECIDOS.....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS E SUA CONTRIBUIÇÃO AO DOCENTE.....	15
2.3 A TEORIA DE VYGOTSKY E A RELAÇÃO COM ATIVIDADES DEMONSTRATIVAS.....	17
2.4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ÓTICA GEOMÉTRICA.....	19
2.4.1 Princípios da Ótica Geométrica.....	20
2.4.2 Leis da reflexão.....	21
2.4.3 Leis da Refração.....	23
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1 ANÁLISE DE LIVROS DO PNLD.....	26
3.2 DESCRIÇÃO DO MATERIAL.....	29
3.3 UTILIZAÇÃO DO MATERIAL.....	30
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1 REFRAÇÃO DA LUZ.....	32
4.2 REFLEXÃO INTERNA TOTAL.....	33
4.3 DESVIO LATERAL EM UMA LÂMINA DE FACES PARALELAS...35	
4.4 PRISMAS.....	36
4.5 LENTES ESFÉRICAS.....	37
<b>5 ROTEIROS EXPERIMENTAIS.....</b>	<b>40</b>
5.1 REFRAÇÃO DA LUZ.....	40
5.2 FUNCIONAMENTO DE UMA FIBRA ÓTICA.....	41
5.3 PRISMAS.....	42
5.4 LENTES ESFÉRICAS.....	42
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de experimentos e demonstrações em sala de aula é uma ferramenta didática importante para o ensino das ciências, principalmente da Física. Entretanto, mesmo que existam diversos estudos que comprovem o auxílio das atividades experimentais no processo de ensino/aprendizagem, um número significativo de professores ainda opta por aulas tradicionais, nas quais os fenômenos físicos são apenas expostos ao estudante por meio de imagens ou de desenhos e diagramas.

Uma abordagem pouco contextualizada e excessivamente abstrata dos conceitos de Física pode dificultar a compreensão e contribuir para o fortalecimento de uma postura desinteressada ou pouco motivada da parte discente. Como já mencionado por Laburú,

[...] para uma grande parte dos alunos, estudar, frequentar as aulas, fazer as lições, constituem tarefas árduas, pior ainda, maçantes, e muitos só o fazem porque são obrigados, devido à pressão da família, da sociedade ou para obter um certificado, na tentativa de garantir um futuro profissional (LABURÚ, 2008, p. 383).

Ainda segundo Laburú (2007), a não utilização de experimentos em sala ocorre não só por falta de planejamento de aula, mas também por carência de uma bibliografia que auxilie o professor, indisponibilidade de materiais adequados, além do escasso tempo para desenvolvimento das atividades relacionadas ao cotidiano escolar. Embora algumas instituições de ensino apresentem um laboratório de ciências com equipamentos necessários, essa não é a realidade da maioria das escolas da rede pública de ensino. Conseqüentemente, muitas vezes, o docente, interessado em desenvolver uma abordagem experimental, precisa adquirir, com recursos próprios, os aparatos necessários.

No estudo da Ótica Geométrica, no Ensino Médio, apenas apresenta-se aos estudantes, por meio de desenhos e diagramas, muitos dos fenômenos que ocorrem com a luz (dispersão, reflexão interna total em prismas, refração, entre outros). Esses poderiam ser facilmente demonstrados pelo professor; todavia, na maioria dos casos, esses conteúdos são abordados de maneira tradicional e expositiva.

Quanto ao material disponível para a experimentação em ótica, é possível localizar diversos conjuntos disponíveis em lojas especializadas para compra. Contudo, esses conjuntos geralmente possuem dimensões reduzidas e são adequados para a utilização em bancadas de laboratório para um pequeno grupo de estudantes e não foram planejados para a utilização em uma sala de aula. Em geral, é necessário que haja um desses materiais para cada cinco alunos, tornando-se, assim, um material caro e inviável para algumas escolas.

Pensando nisso e no fator tempo hábil em sala de aula, o presente trabalho justifica-se por apresentar uma proposta metodológica para aplicação de um conjunto de ótica de grandes dimensões com foco em demonstrações.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Produzir um conjunto experimental de ótica e apresentar uma proposta metodológica para o seu uso em sala de aula a fim de maximizar o ensino/aprendizagem.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão da literatura em eventos na área de ensino de Física, de modo a verificar como a ótica experimental tem sido utilizada em sala de aula;
- Verificar como os livros aprovados no último Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) abordam as atividades experimentais de ótica;
- Produzir um conjunto de ótica robusto para ser utilizado em sala de aula na realização de experimentos;
- Propor experimentos que possam ser realizados com o conjunto;
- Produzir roteiros que auxiliem o professor na realização dos experimentos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos tópicos posteriores, há a descrição da pesquisa de Revisão de Literatura – realizada com objetivo de verificar como o ensino de ótica com experimentos vem acontecendo na academia –, além da apresentação dos pressupostos teóricos mobilizados para a elaboração do presente projeto.

De antemão, é interessante apresentar alguns dos nomes que, inicialmente, guiam esta pesquisa: Gaspar & Monteiro, Araújo & Abib e Vygostky. Unindo esses estudiosos, é possível respaldar a tese aqui defendida de que o processo de ensino/aprendizagem de Física é muito beneficiado quando há experimentação.

### 2.1 REVISÃO DA LITERATURA

Com objetivo de mapear de que forma assuntos referentes ao ensino de ótica vêm sendo apresentados nos últimos 15 anos em eventos de ensino de Física e ciências no Brasil, foi feita uma busca nos sites de dois grandes eventos da área: o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e o Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC). A pesquisa foi realizada com foco nas palavras-chave 'ensino de ótica' e 'ensino de óptica'. O resultado dessa busca está representado na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de trabalhos encontrados nos eventos SNEF e ENPEC dos últimos 15 anos.

ANO	SNEF	ENPEC	TOTAL
2019	15	0	15
2017	9	1	10
2015	7	2	9
2013	4	2	6
2011	4	3	7
2009	2	1	3
2007	2	1	3
2005	1	0	1

Fonte: o autor.

Com a Tabela 1 acima, é possível perceber que, nos últimos 15 anos, um total de 54 artigos foram publicados nos eventos pesquisados. Fica visível que a maior parte dos trabalhos sobre o tema foi submetida ao SNEF, que apresenta 81% do total de pesquisas feitas na área.

Após essa etapa, foi feito um refinamento da busca visando à verificação de quantos desses artigos tinham como enfoque a experimentação no ensino de ótica. Para fazer o levantamento, foram lidos os títulos e resumos dos 54 artigos selecionados. O resultado é encontrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de artigos sobre experimentação em ótica nos últimos 15 anos.

	<b>SNEF</b>	<b>ENPEC</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2019</b>	2	0	2
<b>2017</b>	4	0	4
<b>2015</b>	2	1	3
<b>2013</b>	1	0	1
<b>2011</b>	0	0	0
<b>2009</b>	0	0	0
<b>2007</b>	0	0	0
<b>2005</b>	0	0	0

Fonte: o autor.

Assim, conforme a Tabela 2, percebe-se que, no período em questão, apenas 10 artigos sobre experimentação foram publicados nos eventos. Novamente, a maioria dos trabalhos estava localizada no SNEF, e vale ressaltar que artigos sobre experimentação em ótica só começaram a ser publicados em 2013, o que mostra como o tema vem ganhando espaço em eventos da área na última década.

Após essa etapa, foi realizada a leitura desses 10 trabalhos e, a partir disso, uma análise sobre os principais temas abordados que, posteriormente, foram separados em categorias de acordo com a semelhança entre eles.

A Tabela 3 apresenta a quantidade de artigos em cada uma dessas categorias, sendo que alguns podem aparecer em mais de uma.

Tabela 3 – Quantidade de artigos sobre experimentação de acordo com suas unidades de análise.

<b>Unidades de análise</b>	<b>Quantidade de artigos</b>
Experimentação investigativa	4
Materiais de baixo custo	5
Sequências didáticas	6
Experimentação Virtual	2

Fonte: o autor.

Esse levantamento foi importante para verificar quais tipos de trabalhos vêm sendo feitos sobre ótica experimental, bem como para perceber quais unidades de análise merecem aprofundamento no decorrer deste trabalho. Em

suma, com base nas leituras feitas, ficou explícito que, nos últimos anos, não houve trabalhos apresentados nos referidos eventos que tenham mostrado um conjunto de ótica experimental, fato que também respalda a execução deste projeto.

## 2.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS E SUA CONTRIBUIÇÃO AO DOCENTE

Quando se fala em ensino de ótica, logo se pensa na luz e seus fenômenos. Assim, uma abordagem experimental torna-se imprescindível, de modo que o conteúdo fique mais visual e, portanto, acessível ao aluno. Nesse sentido, além dos trabalhos analisados na seção 2.1, na literatura existente na área, é possível encontrar diversos autores e trabalhos que defendem o uso da experimentação, entre eles: Araújo e Abib (2003), Gaspar e Monteiro (2005), Laburú (2008), Laburú; Barros e Kanbach (2007), Monteiro (2002), Nogueira (2015), Ozorio; Ferreira e Silva (2009), Ribeiro e Verdeaux (2013), dentre outros. Visto que é uma abordagem bastante defendida entre os pesquisadores da área, é evidente que a inserção de alguma forma de atividade experimental auxilia na aprendizagem, assim como destacado por Mauro Sérgio Teixeira de Araújo e Maria Lúcia Vital dos Santos Abib (2003):

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 176)

Pensando diretamente no ensino de ótica, mais especificamente no de Ótica Geométrica na educação básica, normalmente, existe dificuldade do uso dos conjuntos experimentais disponíveis no mercado, uma vez que eles são ideais para o uso em laboratórios, com cinco estudantes por bancada, por exemplo. Esse fato, muitas vezes, inviabiliza seu uso em muitas escolas, seja por falta de recursos, seja pela quantidade de alunos por turma.

Sendo assim, uma boa saída para esses problemas é a utilização de atividades experimentais demonstrativas. Ainda segundo Araújo e Abib (2003), tais atividades são excepcionais para ilustrar conceitos e torná-los mais interessantes, fáceis, agradáveis e cativantes à participação dos alunos.

Conforme salientado pelos estudiosos, a compreensão de um fenômeno por meio de uma demonstração auxilia no entendimento da funcionalidade de diversas tecnologias, como exemplo, a fibra ótica – tecnologia que se baseia em reflexões totais sucessivas da luz e pode ser demonstrada de diversas formas, dentre elas, a incidência oblíqua de um laser em uma garrafa cheia d'água. Dessa forma, a Física deixa de ser um conceito tão abstrato ao estudante, que será capaz de fazer a ligação entre os conceitos e a realidade.

Entretanto, embora existam diversas evidências que respaldam a incorporação dessas atividades em sala, não é raro encontrar aulas de Física nas quais o ensino de fenômenos se resume a diagramas e gráficos – justamente pelas dificuldades já supracitadas. Essa aparente dificuldade no uso de tais atividades pode ser rastreada – além dos fatores já supracitados –, inclusive, até a formação do professor. Prova disso é o que ocorre no atual 9º ano do Ensino Fundamental: muitas vezes, o professor responsável pelas aulas de Física é, na verdade, um licenciado em Biologia. Esse fato, segundo Ozório, Ferreira e Silva (2009) compromete muito o uso de experimentação, visto que, muitas vezes, esse professor teve apenas uma disciplina em toda sua formação que abordava a Física. Além disso, outros dois fatores que acarretam o fracasso do desenvolvimento de experimentos no processo de ensino/aprendizagem da disciplina são a falta de tempo para a realização dos experimentos e de disponibilidade de equipamentos adequados na instituição de ensino.

Quando se avalia o fator tempo, deve-se lembrar que, muitas vezes, os docentes já contam com poucas aulas semanais e que, durante um semestre, muitas dessas aulas acabam sendo usadas para a aplicação de provas e atividades correlatas (entre outras questões exigidas pela escola em questão). Mesmo em outras realidades, como a da rede privada, na qual se tem até 5 aulas semanais de Física em alguns casos, as turmas muito numerosas inviabilizam o uso de um laboratório.

Pensando na questão dos equipamentos necessários, a grande maioria das escolas brasileiras não apresenta um laboratório de Física, o que normalmente se encontra é um laboratório de Biologia que, caso tenha algum equipamento de Física, muitas vezes, está danificado ou com elementos



faltantes. Em consequência, caberá ao professor, com recursos próprios, elaborar toda e qualquer prática experimental.

Novamente, apresenta-se como saída para esses problemas a utilização de atividades demonstrativas. Segundo GASPAR e MONTEIRO (2005)

(...) alguns fatores parecem favorecer a demonstração experimental: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem (GASPAR e MONTEIRO, 2005, p. 227).

Com base no que foi apresentado até o momento, pode-se afirmar que as atividades experimentais de caráter demonstrativo são uma boa escolha para qualquer docente de Física. Isso porque são muito versáteis, ou seja, são facilmente incluídas em diversos contextos, demandam pouco tempo para execução e, além disso, podem ser feitas dentro do espaço da sala de aula.

Evidencia-se, então, que as demonstrações em sala de aula serão capazes de atingir o estudante mais facilmente que aulas de “quadro e giz” ou certas atividades experimentais realizadas pelos alunos. Certamente, essa abordagem garantirá, ao aluno, uma grande chance de ganhos substanciais na aprendizagem e, ao professor, mais praticidade e recursos.

Pensando na especificidade que a realização de tais atividades possui, como interação professor-aluno, entre outras, serão incorporadas a este trabalho algumas concepções do psicólogo Lev Vygotsky, as quais corroboram, indiretamente, a indicação de melhora na aprendizagem com o uso de demonstrações.

### 2.3 A TEORIA DE VYGOTSKY E A RELAÇÃO COM ATIVIDADES DEMONSTRATIVAS

*“O caminho do objeto até a criança e desta até o objeto passa através da outra pessoa” (Lev Vygotsky)*

É um erro comum pensar que atividades demonstrativas – que em maioria são exercícios centrados no professor – não possuem interação entre professor e aluno. Demonstrações são processos cujo objetivo, normalmente, é a

ilustração de conteúdos teóricos, sejam eles novos aos estudantes, sejam um conteúdo previamente visto. Segundo GASPAR e MONTEIRO (2005),

(...) a atividade experimental de demonstração compartilhada por toda classe sob a orientação do professor, em um processo interativo que de certa forma simula a experiência vivencial do aluno fora da sala de aula, enriquece e fortalece conceitos espontâneos associados a essa atividade (GASPAR e MONTEIRO, 2005, p. 233)

Logo, pode-se pensar nessas demonstrações como um momento de troca de conhecimentos, no qual o professor terá papel de mediador. Durante essas atividades, o docente será capaz, por meio de interação com os alunos, de instigá-los sobre o conhecimento científico, de identificar dificuldades e de tornar “reais” conhecimentos que, até então, eram totalmente abstratos.

Nesse sentido, chega a ser de senso comum que a relação professor-aluno tem capacidade de impactar tanto diretamente quanto indiretamente o processo de ensino/aprendizagem. Tomando como partida as teorias de Vygotsky – pioneiro no conceito de que a aprendizagem é uma experiência social –, é preciso mencionar o termo ‘interação social’, conceito fundamental à teoria vygotskiana. Em relação a isso, o psicólogo deixa claro que a interação só existe quando duas ou mais pessoas participam ativamente do processo trocando ideias e experiências. No caso das aulas de Física, um professor bem-preparado será capaz de, durante as demonstrações, criar um ambiente altamente motivacional, que acarretará alta participação e maior aprendizagem. Seguindo com a teoria de Vygotsky, vale ressaltar que é preciso, também, que esse docente esquematize a aula e o momento demonstrativo de forma organizada, visto que

(...) o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. (VYGOTSKY, 1991, p. 61)

Dessa forma, fica nítida a imprescindível relação entre a demonstração e a interação social, promovidas por professores preparados e organizados, nas aulas de Física do ensino básico.

Outro ponto da teoria de Vygotsky que corrobora a defesa de atividades demonstrativas em sala é o conceito Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Para ele, é necessário que o professor sempre parta de um conhecimento prévio

do aluno para depois lhe apresentar algo novo; é justamente essa distância – entre o que o aluno conhece e o que ainda aprenderá – a chamada ZDP, e é nessa zona que a interação social deve ser promovida. Nas palavras do psicólogo, "a Zona de Desenvolvimento Proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão, presentemente, em estado embrionário" (VYGOTSKY, 1991, p. 58).

Para exemplificar: muitas crianças sabem que é possível queimar uma formiga usando uma lupa e a luz do sol, entretanto, não sabem o porquê de isso acontecer e não conhecem os conceitos físicos envolvidos no fenômeno. Assim, por meio de lentes e laser, é possível demonstrar que raios que vêm de longe e incidem sobre a lupa se concentram no foco, onde se acumula a energia, o que permite a queima de objetos.

Ademais, apesar de muitos professores terem medo de incorporar atividades mais lúdicas durante as aulas por acharem que a turma poderá sair de seu "controle" (principalmente, no sentido disciplinar), é preciso ressaltar que a demonstração, feita com vistas à teoria vygostskiana, confere alto destaque ao papel do professor: ou seja, não se trata de uma atividade centrada, unicamente, no aluno. Isso porque, durante as demonstrações, o professor será aquele que a) informa aos alunos quais aspectos são os mais importantes a serem observados; b) faz referência à teoria com o auxílio da prática; c) cria um ambiente motivacional, por meio da interação com os estudantes, que facilitará a assimilação dos conceitos.

Em suma, as atividades demonstrativas podem facilmente ser defendidas com o pensamento vygotskiano, já que são ferramentas com as quais o professor, em seu papel essencial de mediador, consegue tornar o conhecimento acessível ao aluno.

## 2.4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ÓTICA GEOMÉTRICA

A Ótica Geométrica é um dos ramos da Física que estuda luz e seus fenômenos, segundo Martins e Silva (2013), essa parte da Física é

fundamentada em alguns princípios, tais como: a propagação retilínea da luz em meios homogêneos, leis da reflexão e leis da refração.

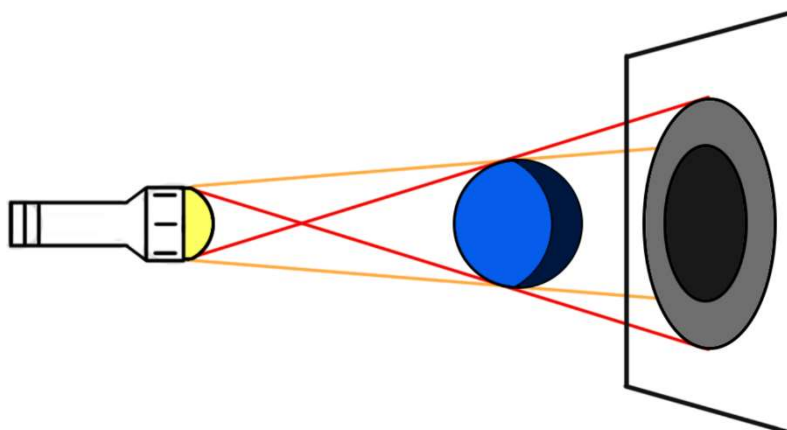
Uma vez que o entendimento desses tópicos de Ótica Geométrica se torna essencial para o desenvolvimento da proposta de aplicação do conjunto, fez-se necessário comentar sobre os principais conceitos que estarão presentes ao longo desse trabalho nos experimentos propostos.

#### 2.4.1 Princípios da Ótica Geométrica.

A Ótica Geométrica se baseia em 3 princípios, sendo eles:

**Princípio da propagação retilínea da luz:** em um meio transparente e homogêneo, a luz se propaga em linha reta. Esse princípio tem por consequência a formação de sombra e penumbra, assim como mostrado na Figura 1.

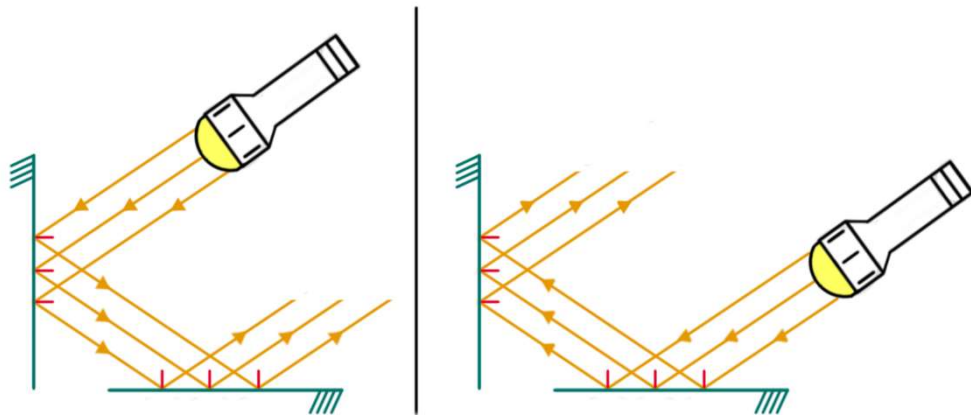
Figura 1 – Princípio da propagação retilínea da luz



Fonte: o autor.

**Princípio da reversibilidade dos raios luminosos:** o caminho que um raio de luz segue independe do sentido do percurso e de propagação, como mostrado na Figura 2.

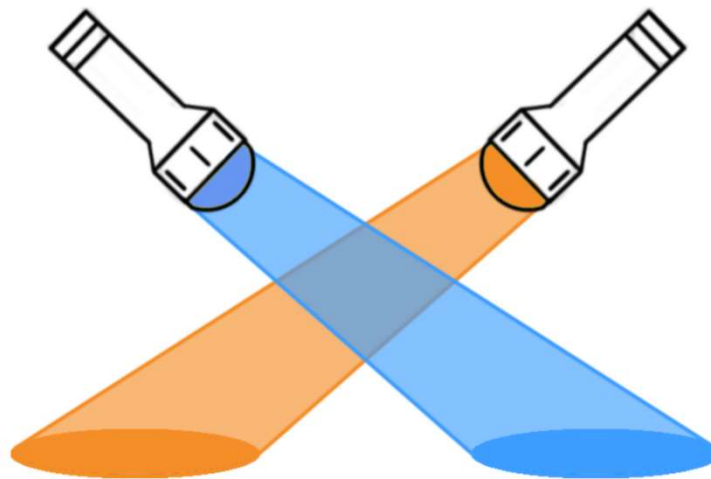
Figura 2 – Princípio da reversibilidade



Fonte: o autor.

**Princípio da independência dos raios luminosos:** um raio de luz, ao cruzar com outro, não interfere em sua propagação, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Princípio da independência



Fonte: o autor.

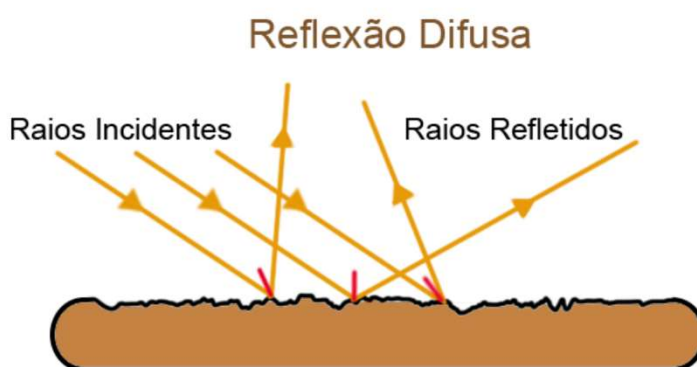
#### 2.4.2 Leis da reflexão

A reflexão da luz é um fenômeno presente a todo momento em nosso cotidiano. Hewit, em seu livro Física Conceitual, explica que:

A maior parte das coisas que vemos ao nosso redor não emitem luz própria. Elas são visíveis porque reemitem a luz que incide em suas superfícies, vinda de uma fonte primária, como o Sol ou uma lâmpada, ou de uma fonte secundária, tal como o céu iluminado. [...] Dizemos que a luz é refletida quando ela retorna ao meio de onde veio – o processo é chamado de reflexão. (HEWIT, 2015, p. 546)

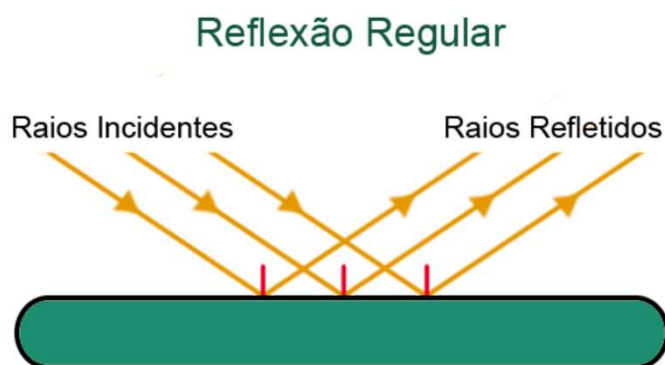
O fenômeno de reflexão da luz ocorre quando a luz encontra um meio e é rebatida ao meio de origem. A reflexão se divide em dois tipos: reflexão difusa e reflexão especular; no primeiro, os raios refletidos não são paralelos entre si, como na Figura 4, e no segundo, os raios refletidos são paralelos entre si pois atingem uma superfície lisa como na Figura 5.

Figura 4 – Reflexão difusa



Fonte: o autor.

Figura 5 – Reflexão especular



Fonte: o autor.

Para os fenômenos de reflexão, existem duas leis fundamentais:

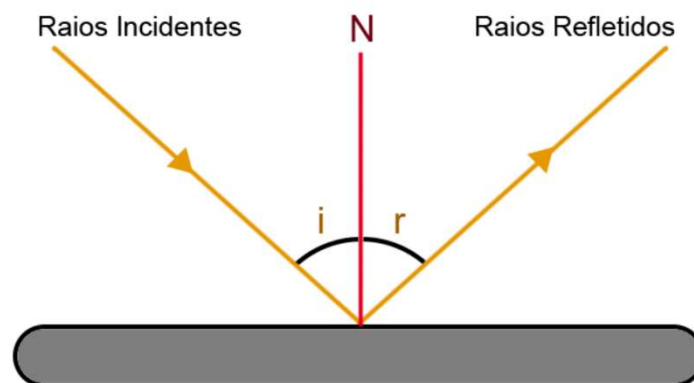
- 1ª Lei da reflexão: o raio incidente, o raio refletido e a reta normal estão no mesmo plano;

- 2ª Lei da reflexão: o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, como na equação (1)

$$i = r \quad (1)$$

Na Figura 6, pode-se observar tanto a linha normal, quanto os ângulos de incidência e de reflexão.

Figura 6 – Diagrama do comportamento de um raio de luz refletido

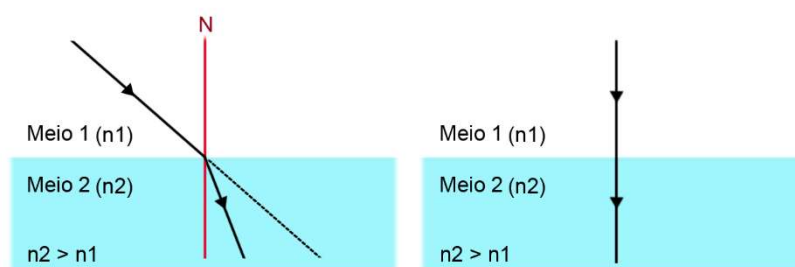


Fonte: o autor.

### 2.4.3 Leis da Refração

Outro fenômeno muito presente no cotidiano é a refração da luz. Hewit (2015) define esse fenômeno com o processo de a luz atravessar de um meio para outro tendo sua velocidade alterada. A refração ocorre justamente devido à diferença de velocidade da luz entre os meios, podendo haver ou não desvio do raio refratado dependendo do ângulo de incidência, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Refração com e sem desvio do raio incidente



Fonte: o autor.

Para mensurar quão rápida é a luz em um meio, utiliza-se a grandeza adimensional índice de refração, demonstrada na equação (2)

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

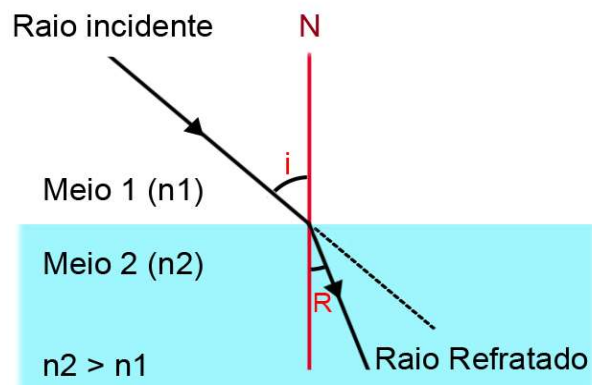
$n$  = índice de refração

$c$  = velocidade da luz no vácuo  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$v$  = velocidade da luz no meio

Quando a luz incide com certo ângulo na interface de dois meios com índices de refração diferentes, ocorre um desvio do raio refratado, como na Figura 8.

Figura 8 – Refração com incidência oblíqua



Fonte: o autor.

Assim como a reflexão, a refração da luz também é regida por leis, que nos permitem calcular algumas das variáveis presentes nesse fenômeno:

- 1ª Lei da refração: o raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície de separação dos dois meios pertencem ao mesmo plano.
- 2ª Lei da refração ou Lei de Snell-Descartes: os ângulos de incidência e de refração satisfazem a condição descrita na equação (3)

$$n_1 \text{sen}(i) = n_2 \text{sen}(R) \quad (3)$$

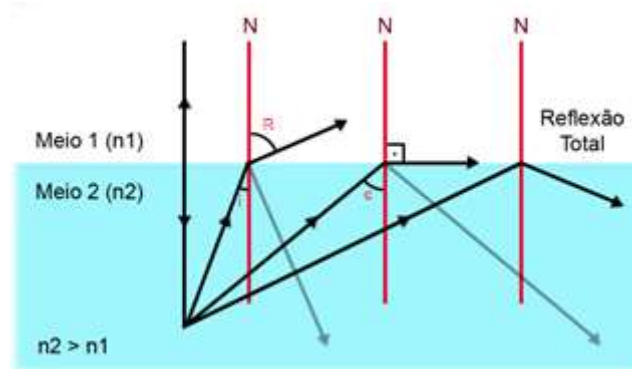
A Lei de Snell-Descartes pode ser escrita em função da velocidade da luz nos dois meios também, como na equação (4), em que  $v_1$  é a velocidade no meio 1 e  $v_2$  é a velocidade no meio 2

$$\frac{\text{sen}(i)}{v_1} = \frac{\text{sen}(R)}{v_2} \quad (4)$$



Quando um raio de luz monocromático se propaga de um meio mais refringente para um meio menos refringente existe uma restrição para refração. Isso ocorre quando o ângulo de incidência se torna maior que o ângulo limite. Uma vez esse limite sendo atingido, temos o fenômeno da reflexão interna total, como na Figura 9.

Figura 9 – Reflexão interna total



Fonte: o autor.

O ângulo limite pode ser calculado utilizando a seguinte equação (5)

$$\text{sen}(c) = \frac{n_1}{n_2} \quad (5)$$

$\text{sen}(c)$ : seno do ângulo limite

$n_1$ : índice do meio de menor refração

$n_2$ : índice do meio de maior refração

Utilizando esses conceitos como base, é possível a produção de uma proposta com o uso de experimentos demonstrativos de Ótica Geométrica.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas. Resumidamente, foi feita uma análise de sete livros do Programa Nacional do Livro Didático 2018 (PNLD) – com objetivo de verificar quais experimentos de ótica estão presentes em livros utilizados na escola pública – uma descrição do conjunto experimental produzido pelo autor do trabalho – de forma a exemplificar as demonstrações realizáveis com ele –, e por fim, a elaboração de uma proposta de uso do material para aulas demonstrativas de Ótica Geométrica.

#### 3.1 ANÁLISE LIVROS DO PNLD

Quando se trabalha com livros didáticos em sala de aula, é necessário, primeiramente, familiarizar-se com o material para compreender qual a melhor forma de explicar certos conceitos. Desse modo, torna-se necessário conhecer os livros para entender sua estrutura, permitindo, assim, ao professor, utilizá-los da melhor forma.

Portanto, fez-se necessário analisar livros didáticos aprovados no PNLD. A análise teve o objetivo de verificar se realmente a utilização de um conjunto experimental de grandes dimensões, para o ensino de ótica, é algo inovador ou se os livros didáticos já fornecem alternativas para os professores em aulas de Ótica Geométrica.

Para isso, foram selecionadas sete das doze coleções de Física aprovadas no PNLD 2018. Em tal seleção, foram escolhidas apenas coleções seriadas, ou seja, aquelas que apresentam três volumes. Além disso, foram selecionadas somente as que estavam gratuitamente disponíveis na internet. As coleções escolhidas estão listadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Livros de Física do PNLD 2018 escolhidos para análise.

<b>Livro</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Editora</b>
1	<i>Compreendendo a Física</i>	Alberto Gaspar	Ática
2	<i>Física</i>	Oswaldo Guimarães/José Roberto Piqueira/Wilson Carron	Ática
3	<i>Ser Protagonista– Física</i>	Adriana B. M. Válio / Ana Fukui / Bassam Ferdinian/ Madison Molina / Venê	SM
4	<i>Física para o Ensino Médio</i>	Kazuhito Yamamoto / Luiz Felipe Fuke	Saraiva
5	<i>Física Contexto &amp; Aplicações</i>	Antônio Máximo Ribeiro da Luz / Beatriz Alvarenga Álvares	Scipione
6	<i>Física Aula por Aula</i>	Benigno Barreto Filho/ Cláudio Xavier da Silva	FTD
7	<i>Física em Contexto</i>	Mauricio Pietrocola/Alexander Pogibin/Renata de Andrade/ Talita Raquel Romero	Editora do Brasil

Fonte: o autor.

Após a seleção das obras, decidiu-se verificar a presença de sugestões de experimentos em cada livro. Os resultados dessa investigação estão apresentados na Tabela 5. É importante ressaltar que a análise descrita neste trabalho avaliou apenas a seção de ótica de cada material.

Tabela 5 – Presença de experimentos de ótica nos livros didáticos

<b>Livros</b>	<b>Presença de sugestões de experimentos de ótica</b>
<b>1-Compreendendo a Física</b>	Sim
<b>2-Física</b>	Não
<b>3-Ser Protagonista–Física</b>	Sim
<b>4-Física para o Ensino Médio</b>	Sim
<b>5-Física Contexto &amp; Aplicações</b>	Não
<b>6-Física Aula por Aula</b>	Não
<b>7-Física em Contexto</b>	Sim

Fonte: o autor.

A partir da Tabela 5, notou-se que três dos livros selecionados não possuem sugestão de experimentação na seção analisada. Esse fato respalda o desenvolvimento de um material que auxilie o professor na execução de experimentos, uma vez que atividades experimentais não só embasam a argumentação do professor na explicação do fenômeno físico, mas também auxiliam na compreensão desse fenômeno por parte do estudante.

Para a análise seguinte, foram selecionadas algumas categorias, e cada livro foi avaliado separadamente. Esta análise está na Tabela 6.

Tabela 6: Análise dos livros por critérios preestabelecidos.

CRITÉRIOS DE ANÁLISE DOS LIVROS	LIVROS			
	1	3	4	7
Há sugestão de demonstrações experimentais de ótica?	Não	Não	Não	Não
Os experimentos de ótica podem ser feitos em sala de aula	Não	Não	Não	Não
Utiliza materiais duráveis que permitem que os experimentos de ótica sejam feitos repetidas vezes?	Sim	Sim	Não	Sim
Utiliza algum conjunto experimental nas atividades?	Sim	Não	Não	Não
As atividades são viáveis em turmas com muitos alunos?	Não	Não	Não	Não
Pelo menos um experimento presente no livro é sobre refração da luz?	Sim	Sim	Não	Não

Fonte: o autor.

Com a Tabela 6, podemos verificar que, embora os livros 1, 3, 4 e 7 apresentem experimentação na seção de ótica, nenhum deles apresenta atividades demonstrativas. Isso se reflete diretamente no seguinte critério: para a realização de todas as atividades propostas, existe a necessidade de deslocamento da turma para um laboratório.

Com relação à durabilidade dos materiais utilizados, apenas o livro 4 não atende ao critério. Nos experimentos sugeridos, os materiais necessários para sua realização não podem ser reutilizados, fato que pode gerar custo excessivo, causando a inviabilização da atividade.

Com relação à utilização ou não de um conjunto experimental no desenvolvimento das atividades, apenas o livro 1 faz uso de tal material. Entretanto, fica nítido que as peças em questão são de pequenas dimensões, havendo, então, a necessidade de um conjunto desses para cada 5 alunos, o que também pode inviabilizar a atividade prática.

Quando se analisa mais especificamente o capítulo de ótica, sobre refração, nota-se que os livros 4 e 7 não possuem quaisquer experimentos relacionados ao assunto, de forma que todo e qualquer desenvolvimento prático está relacionado apenas à reflexão da luz.

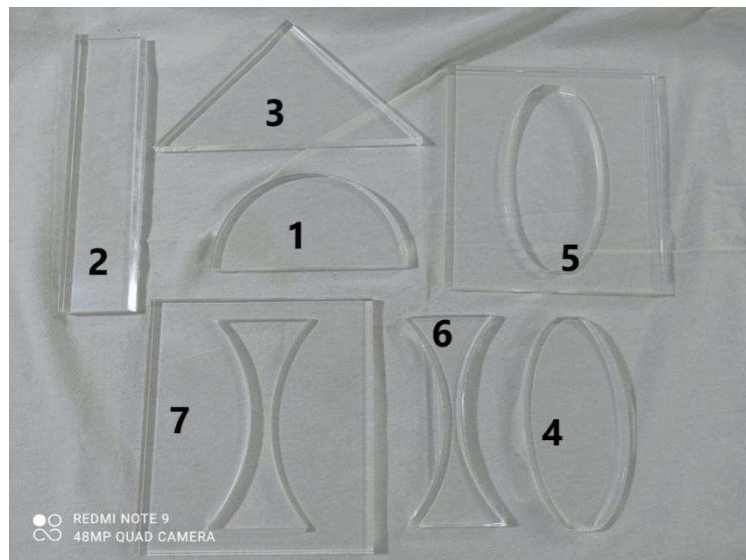
Por conseguinte, fica clara a necessidade de um material que auxilie o docente na realização de atividades demonstrativas em ótica, mais especificamente aquelas relacionadas à refração da luz.

### 3.2 DESCRIÇÃO DO MATERIAL

O conjunto de ótica em questão foi projetado pelo autor do trabalho em conjunto de um ex-colega de trabalho, o professor Celso Silva. As motivações para a criação desse material foram: o conjunto não demanda muito tempo de aula para sua utilização; não há necessidade de deslocar a turma para o laboratório ao utilizá-lo; há necessidade de um material de grandes dimensões de forma que toda a turma consiga visualizar o experimento.

As peças foram inicialmente desenhadas em papel milimetrado (apêndice 1) e posteriormente encaminhadas a uma empresa especializada no corte de peças de acrílico e vidro. O material escolhido foi o acrílico transparente de espessura 2 cm. Embora um acrílico de menor espessura reduzisse significativamente o custo final do projeto, preferiu-se o de 2 cm para garantir uma boa resistência mecânica e aumentar a durabilidade do conjunto além de facilitar o acoplamento e o guiamento da luz no material. O conjunto completo pode ser visualizado na Figura 10.

**Figura 10** - Conjunto completo (peça 1- lente plano-convexa; peça 2 - lâmina de faces paralelas; peça 3 – prisma; peça 4 - lente biconvexa de acrílico; peça 5 - lente biconvexa de ar; peça 6 - lente bicôncava de acrílico; peça 7 - lente bicôncava de ar)



Fonte: o autor.

As peças da Figura 10 possuem dimensões maiores que as encontradas em conjuntos comerciais (entre 20cm e 35cm) e foram pensadas para serem utilizadas na demonstração de fenômenos relacionados à refração da luz, dioptrios planos, lâminas de faces paralelas, reflexão total, prismas e comportamento óptico das lentes.

### 3.3 UTILIZAÇÃO DO MATERIAL

Para a realização dos experimentos, além do conjunto de peças de acrílico, é necessária também a escolha de uma fonte luminosa adequada. Os lasers de baixa potência que atuam no visível são uma ótima escolha, visto que são fontes de luz com alto grau de monocromaticidade e baixa divergência do feixe. Portanto, os apontadores lasers são uma ótima opção uma vez que são portáteis e de fácil aquisição.

Dentre as cores de apontadores laser disponíveis para a compra, o laser vermelho é um dos mais baratos, todavia, o olho humano apresenta maior sensibilidade para a luz com comprimento de onda na região central do espectro visível. Sendo assim, a fim de propiciar uma melhor visualização dos fenômenos, optou-se por a utilização de um apontador laser com emissão no verde.

Em uma escala de periculosidade que vai de I a IV os lasers verdes se enquadram na classe III que significa que, a maior parte desses lasers embora não seja capaz de causar dano a pele humana, ainda é muito capaz de causar problemas visuais. Fica claro que esse material não é um brinquedo e deve ser usado apenas para fins pedagógicos.

Ao utilizar tal instrumento, o professor deve tomar uma série de precauções– visto que lasers verdes são até 20 vezes mais intensos que os vermelhos. O Dr. Rüdiger Paschotta em seu artigo *Laser Safety* salienta que

Os feixes de laser podem ser perigosos, especialmente para os olhos, principalmente porque podem ter altas intensidades óticas, mesmo após a propagação em distâncias relativamente longas. Mais precisamente, seu alto brilho costuma ser o problema real. Mesmo quando a intensidade na entrada do olho é moderada, a radiação do laser pode ser focada pelas lentes do olho em um pequeno ponto na retina, onde pode causar sérios danos permanentes em frações de segundo [...] (PASCHOTTA, 2008, p.1, tradução do autor)

Portanto, ao se utilizar o aparato, o professor deve: ser o único a manipular o laser; utilizá-lo apenas no plano do quadro; utilizar óculos de proteção; evitar que possíveis feixes refletidos ou refratados e eventuais espalhamentos da luz possam atingir os estudantes. Além disso, todos os protocolos de segurança estabelecidos para a utilização destes equipamentos devem ser seguidos.

Durante os experimentos, é preferível que o professor fixe o material no quadro ou parede (caso a superfície seja de cor clara, mais visível será o fenômeno), para tanto, é possível utilizar fita adesiva dupla face ou também colocar na parte de trás das peças um conjunto de ventosas.

De modo a maximizar o potencial do conjunto, é preferível apagar as luzes do ambiente antes das demonstrações.

## 4 RESULTADOS

Quando o assunto é refração da luz, a maior parte dos livros didáticos apresenta os conteúdos na seguinte sequência: índice de refração; leis da refração; reflexão interna total, lâminas de faces paralelas; prismas; lentes esféricas.

Pensando nisso, a presente proposta de utilização do conjunto de ótica apresentará os experimentos de forma a seguir a sequência dos conteúdos contidos nos livros escolhidos para esta análise.

### 4.1 REFRAÇÃO DA LUZ

A refração consiste em um fenômeno no qual a luz muda de meio durante a sua propagação. Nesse fenômeno, a luz sofre uma mudança em sua velocidade e em seu comprimento de onda, mantendo sua frequência inalterada. Essas características também podem ser percebidas nas demais ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Neste trabalho, entretanto, atém-se aos fenômenos ocorridos com a luz. Nas Figuras 11 e 12, pode-se observar a peça 1 (lente plano-convexa) sendo utilizada para demonstrar a refração, em um primeiro momento, com uma incidência normal à superfície, e a seguir com uma incidência oblíqua, raio se propagando do meio mais refringente para o menos refringente.

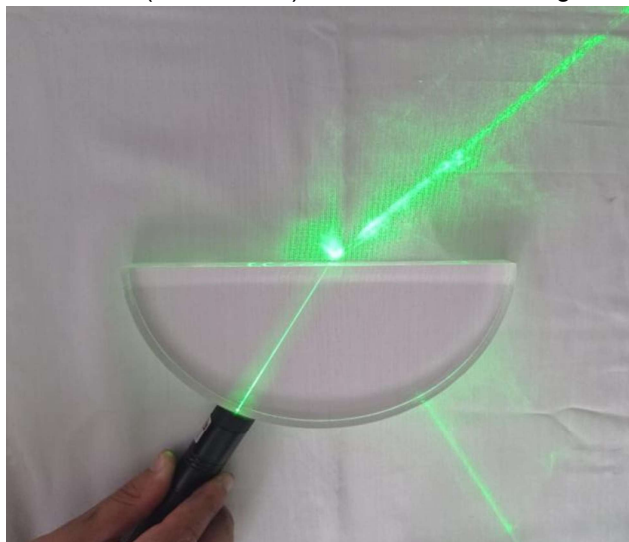
Figura 11 – Raio luminoso monocromático com incidência normal na interface entre dois meios diferentes (ar e acrílico) nenhum desvio ocorre.



Fonte: o autor.



Figura 12: Raio luminoso monocromático com incidência oblíqua na interface entre dois meios diferentes (ar e acrílico), ocorre um desvio angular.



Fonte: o autor.

Em uma aula introdutória sobre refração, o professor pode utilizar a peça 1 (lente plano-convexa) no início da aula como forma de familiarizar os estudantes com o fenômeno. Posteriormente, após concluir a explicação das leis da refração, é possível outro experimento: com a assistência de um transferidor, coletando um conjunto de medidas de ângulos de incidência e de refração, e aplicando a lei de Snell-Descartes, equação (3), é possível conseguir um valor próximo do valor do  $n$  (índice de refração) do acrílico.

#### 4.2 REFLEXÃO INTERNA TOTAL

Costuma-se abordar, logo após as leis da refração, o fenômeno de reflexão total. Sugere-se aqui que o docente inicie sua aula apresentando o fenômeno com auxílio da peça 1 (lente plano-convexa), assim como apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Reflexão interna total devido à incidência com um ângulo maior que o ângulo limite.

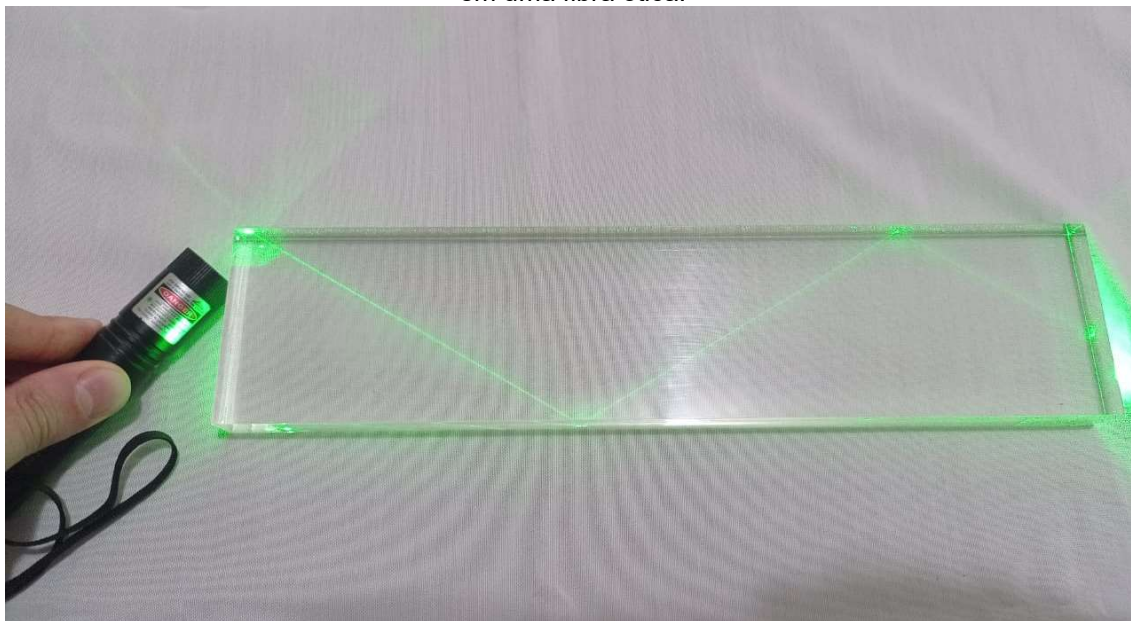


Fonte: o autor.

Na sequência, o professor aproveita da demonstração feita para explicar o fenômeno, fazendo também a dedução da equação (5) de reflexão total a partir da lei de Snell-Descartes, equação (3), com o auxílio do quadro.

Uma vez que se discuta reflexão interna total, o professor pode contextualizar o assunto explicando o funcionamento de um aparato tecnológico bastante comum atualmente: a fibra ótica. O princípio de funcionamento dessa tecnologia pode ser entendido, de maneira simplificada, utilizando a Ótica Geométrica e a lâmina de faces paralelas, peça 2, como mostra a Figura 14.

Figura 14– Reflexões internas totais sucessivas de forma semelhante ao que ocorre em uma fibra ótica.

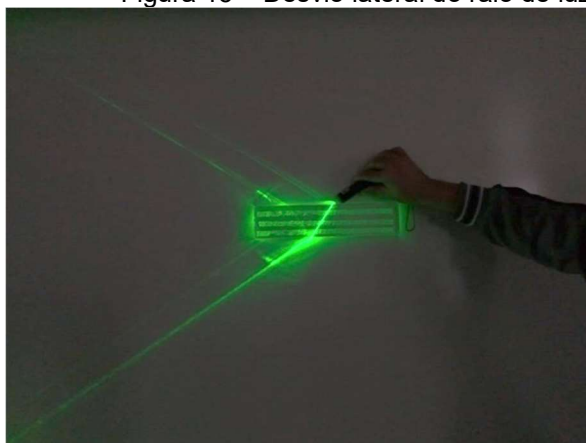


Fonte: o autor.

#### 4.3 DESVIO LATERAL EM UMA LÂMINA DE FACES PARALELAS

Em uma aula cujo foco seja a lâmina de faces paralelas, o professor - poderia iniciar a discussão com a demonstração apresentada na Figura 15. Nela temos um raio de luz que, ao cruzar a peça 2 (lâmina de faces paralelas), sofre duas refrações de tal forma que o raio emergente é paralelo ao raio incidente, ou seja, a luz sofre um desvio lateral ao passar pela lâmina.

Figura 15 – Desvio lateral do raio de luz

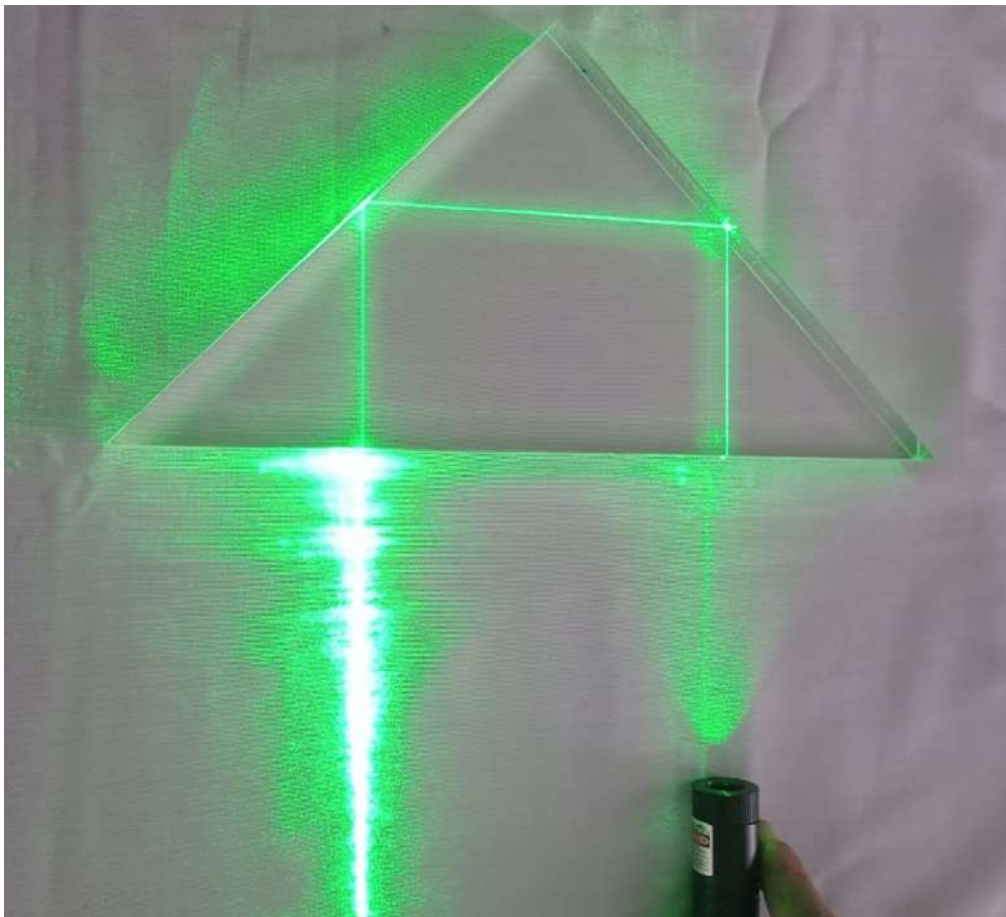


Fonte: o autor.

#### 4.4 PRISMAS

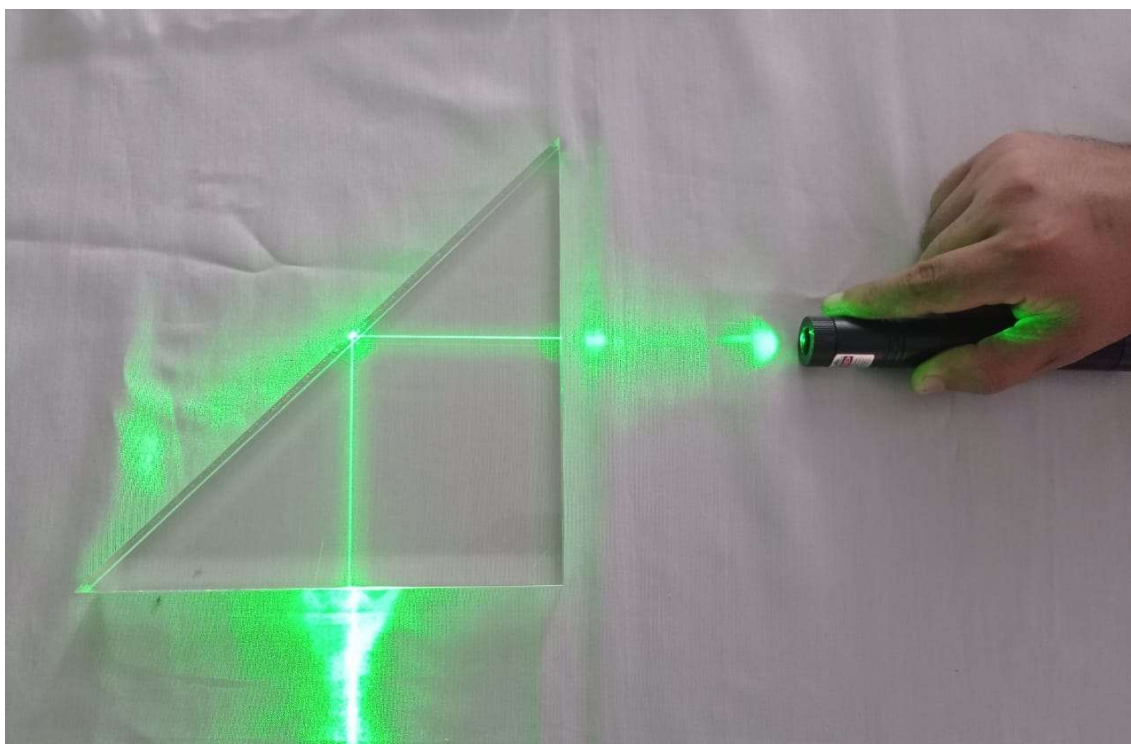
Utilizando a peça 3 (prisma) temos outro fenômeno importante e facilmente demonstrável – o comportamento dos prismas de Amici, Figura 16, e Porro, Figura 17. Sugere-se aqui novamente que o professor inicie sua aula com as demonstrações e as repita quantas vezes julgar necessário.

Figura 16 –Prisma de Amici



Fonte: o autor.

Figura 17 – Prisma de Porro.



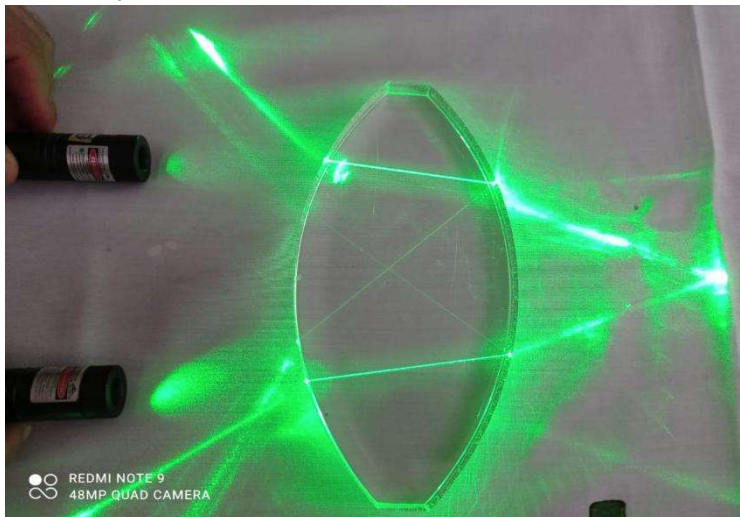
Fonte: o autor.

Durante essa aula, o professor pode aproveitar para falar um pouco de alguns instrumentos ópticos que utilizam os prismas, tais como algumas máquinas fotográficas, periscópios e binóculos, por exemplo.

#### 4.5 LENTES ESFÉRICAS

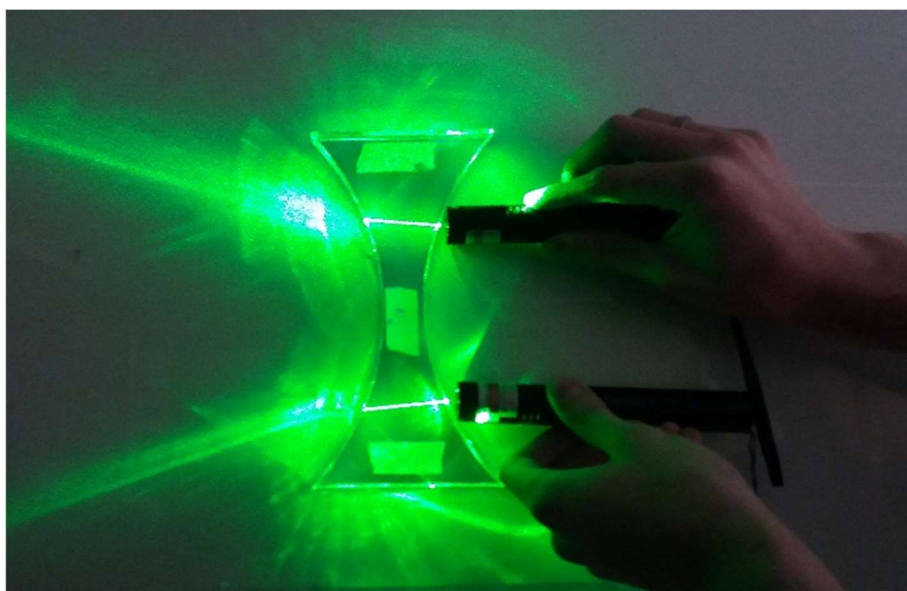
Já no estudo do comportamento ótico das lentes esféricas, pode-se iniciar a aula demonstrando como lentes de bordos finos e de bordos grossos se comportam em geral. Isso é possível com auxílio da peça 4 (biconvexa) e da 6 (bicôncava). Para essa demonstração, sugere-se que o professor utilize de 2 lasers de forma a produzir um efeito melhor e fazer com que o ponto focal se torne mais evidente para o estudante. Esse fato fica claro nas Figuras 18 e 19.

Figura 18 – Comportamento de uma lente biconvexa de acrílico imersa no ar.



Fonte: o autor.

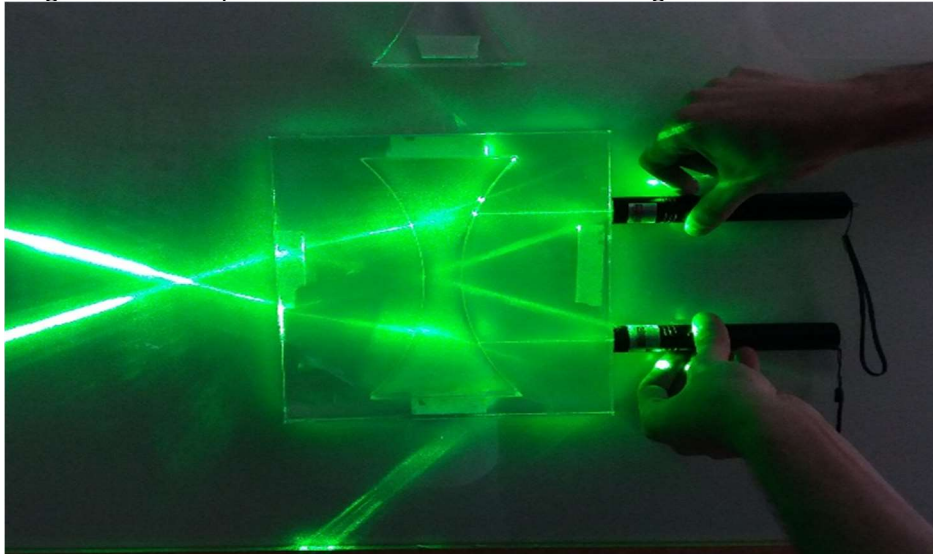
Figura 19 – Comportamento de uma lente de bordas grossas de acrílico imersa no ar.



Fonte: o autor.

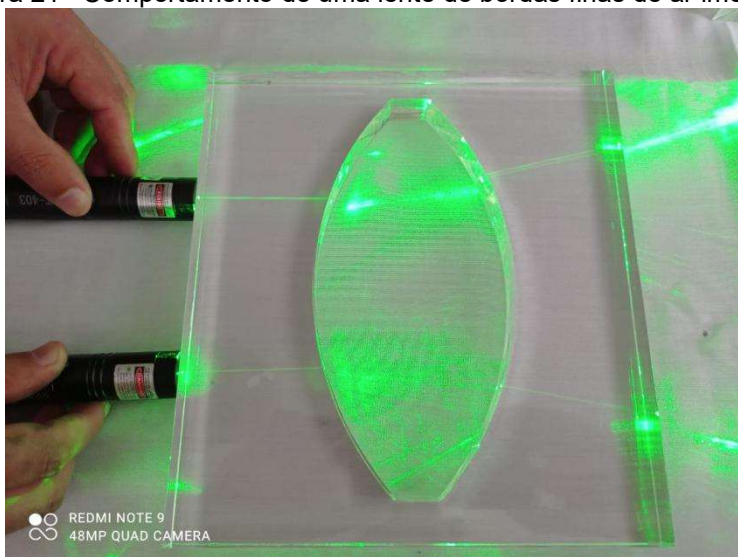
Na sequência, pode-se utilizar a peça 5 (biconvexa) e 7 (bicôncava) para demonstrar de que maneira estar imerso em um meio de índice de refração maior que o da lente altera seu comportamento. Essa diferença fica nítida nos experimentos apresentados nas Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Comportamento de uma lente de bordas grossas de ar imersa no acrílico.



Fonte: o autor.

Figura 21 – Comportamento de uma lente de bordas finas de ar imersa no acrílico.



Fonte: o autor.

## 5 ROTEIROS EXPERIMENTAIS:

A fim de fornecer uma proposta metodológica para o uso do material desenvolvido que possa guiar o professor na realização de experimentos em sala de aula, nesta seção, são propostos quatro roteiros experimentais.

### 5.1 REFRAÇÃO DA LUZ

#### **Objetivos:**

- Reconhecer o fenômeno de refração da luz
- Identificar as grandezas Físicas presentes e mensuráveis na refração da luz

#### **Material utilizado:**

- Laser verde;
- peça 1 (Lente plano-convexa);
- fita dupla-face;
- transferidor de papel.

#### **Montagem e procedimento:**

1. Colar o transferidor de papel na peça 1;
2. Fixar o material no quadro com auxílio da fita dupla-face;
3. Incidir o laser na peça com ângulo desejado.

#### **Descrição da atividade**

Durante a aula introdutória sobre refração, pode-se utilizar esse experimento como ponto de partida da aula.

Primeiramente, fixa-se a lente no quadro. O professor, então, faz a seguinte pergunta para os alunos: o que vocês esperam que ocorra caso eu incida o laser na lente?

Após as hipóteses iniciais, o professor incide o laser na lente com diferentes ângulos de incidência em relação a uma linha normal à superfície que separa os meios acrílico e ar, mostrando aos alunos o que ocorre ao incidir com ângulo de zero graus em relação à normal, e depois o que ocorre ao incidir com ângulos maiores que zero grau, como nas Figuras 11 e 12. Também é possível



alterar o lado da lente no qual incide o raio laser, ou seja, incidir no acrílico refratando para o ar e incidir no ar refratando para o acrílico.

O professor pode aproveitar essa demonstração para mostrar aos estudantes qual é o raio incidente, qual é o raio refratado e onde está a linha normal.

## 5.2 FUNCIONAMENTO DE UMA FIBRA ÓTICA

### **Objetivos:**

- Reconhecer o fenômeno de reflexão interna total
- Identificar as grandezas Físicas presentes na reflexão interna total
- Compreender o funcionamento da fibra ótica

### **Material utilizado:**

- Laser verde;
- peça 2 (lâmina de faces paralelas);
- fita dupla-face.

### **Montagem e procedimento:**

1. Fixar o material no quadro com auxílio da fita dupla-face;
2. Incidir o laser na peça de forma a se ter o maior número de reflexões possíveis.

### **Descrição da atividade**

Essa demonstração pode ser feita após o professor ter explicado aos alunos o assunto *reflexão interna total*. Após a peça ser fixada no quadro, pode-se começar perguntando à turma: *como funciona a fibra ótica?*

Após as hipóteses iniciais, o professor incide o laser na lâmina com o ângulo desejado, como na Figura 14.

Durante essa demonstração, o professor pode perguntar aos estudantes: que fenômeno físico está acontecendo no interior da lâmina?

Caso a resposta esperada (reflexão total) não ocorra, sugere-se tentar recordar com os estudantes a aula anterior, na qual o assunto foi trabalhado.

Após esse momento, o professor aproveita para discutir um pouco da importância da fibra ótica atualmente.

### 5.3 PRISMAS

#### **Objetivos:**

- Reconhecer os prismas de reflexão total;
- Identificar as principais aplicações de um prisma.

#### **Material Utilizado:**

- Laser verde;
- peça 3 (prisma);
- fita dupla-face.

#### **Montagem e procedimento:**

1. Fixar o material no quadro com auxílio da fita dupla-face;
2. Incidir o laser na peça de forma a obter o efeito desejado.

#### **Descrição da atividade**

Durante uma aula na qual se deseje explicar sobre prismas, o professor poderá utilizar esta demonstração. Após comentar a respeito dos prismas de reflexão total, o professor pode fixar a peça 3 no quadro e mostrar aos alunos o comportamento ótico da luz ao incidir em um prisma como nas Figuras 16 e 17.

Uma vez apresentados aos alunos tanto o prisma de Amici quanto o de Porro, o professor pode fazer algumas perguntas aos alunos: “por que o raio luminoso está refletindo? Alguém sabe alguma aplicação dos prismas?”

O professor aproveita a segunda questão para listar com os alunos algumas aplicações dos prismas de reflexão total.

### 5.4 LENTE ESFÉRICAS

#### **Objetivos:**

- Identificar lentes de bordos finos
- Compreender o comportamento de uma lente de bordos finos

- Analisar o comportamento ótico de uma lente de bordos finos

**Material Utilizado:**

- Dois lasers verdes;
- peça 4 e 5 (lente biconvexa);
- fita dupla-face.

**Montagem e procedimento:**

1. Fixar o material no quadro com auxílio da fita dupla-face;
2. Incidir o laser na peça com ângulo desejado.

**Descrição da atividade**

Essa demonstração pode ser feita durante uma aula de lentes esféricas, podendo ser realizada logo no início da aula.

Após fixar ambas as peças no quadro, o professor pode iniciar perguntando ao alunos: “o que vocês esperam que ocorra ao incidir raios paralelos na peça 5?” Após as respostas dos alunos, o professor aproveita para fazer a demonstração utilizando a peça 5 como na Figura 18.

Com base nessa primeira demonstração, o professor pode fazer as seguintes perguntas para os alunos: “onde está o foco da lente?” “Essa é uma lente convergente ou divergente?”

Após essa discussão, o professor levanta uma nova questão: “o índice de refração influencia no comportamento da lente?”

Após algumas respostas dos alunos, o professor faz uma segunda demonstração, utilizando a peça 6, como na Figura 21.

Durante a demonstração, o professor pergunta aos alunos: “essa é uma lente convergente ou divergente?”

Após isso, o professor explica aos alunos de que forma o índice de refração do meio e o da lente influenciam seu comportamento.

## 6 CONCLUSÕES

No decorrer deste trabalho, buscou-se não só produzir um material novo, mas também verificar que tipos de artifícios estavam disponíveis para o professor de Física realizar experimentos em sala de aula. Assim, produziu-se um material acessível, prático e de fácil uso em turmas grandes.

Verificou-se, então, com a Revisão de Literatura e com o levantamento dos experimentos propostos nos livros do PNLD, que existe uma significativa carência de materiais de origem nacional que auxiliem os professores a realizar experimentos em sala de aula.

O conjunto de peças desenvolvido é bem resistente e tem o tamanho ideal para ser usado em salas grandes com muitos alunos, sendo uma alternativa para atender a realidade das escolas brasileiras. Seu custo/benefício é também algo a ser ressaltado, uma vez que é um investimento para longo prazo. Além disso, assim como descrito nos objetivos deste trabalho, foram feitos roteiros para facilitar a utilização do conjunto, os quais possibilitam o trabalho de refração da luz, lentes esféricas, reflexão total e prismas; isso é extremamente positivo tendo em vista a realidade de trabalho dos professores brasileiros. Entretanto, é interessante mencionar que, além dos quatro roteiros propostos, o professor ainda pode utilizar o conjunto para outros experimentos, como lâminas de faces paralelas, leis da reflexão e lentes de bordos grossos (bicôncavas).

Outro ponto que merece atenção, novamente, são os cuidados que os professores devem tomar ao manipular o laser, o qual tem forte potencial de danificar a retina humana. Sendo assim, as orientações básicas de segurança precisam ser seguidas.

Em trabalhos futuros, será possível aplicar o conjunto de ótica em sala de aula e verificar de que forma ele influencia no aprendizado de Ótica Geométrica.

## REFERÊNCIAS

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

BARRETO FILHO, Benigno e SILVA, Claudio Xavier da. "Física aula por aula." *FTD*: 2010.

DA SILVA, M.P.C; GALVÃO, C.T.L; COSTA, J.F, SILVA, M.S; CAETANO, T.C Uma proposta de sequência didática para o ensino de Ótica Física: utilizando um laboratório remoto em uma perspectiva investigativa. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 23, 2019, Salvador. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2019. p. 1-6.

DE ANDRADE, F.B; LIMA E SILVA, T.R.O. Difração a laser como proposta de experimento para o ensino de Física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017. p. 1-8.

DUTRA,L.M; BARROSO,M.F. O uso de experimentos como ferramenta de ensino e aprendizagem: estudo de um caso.In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, Manaus. **Atas...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2013. p. 1-8.

FELICIANO, C.D; DALRI, J; HILGER, T.R; SAMOJEDEN, L.L; CAMARGO, S. reflexões acerca de uma experiência didática no ensino de refração e dispersão da luz. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, Manaus. **Atas...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017. p. 1-8.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª edição. Artmed editora, 2008.

GASPAR, Alberto. *Compreendendo a Física: volume 2*. 1ª. Ed. São Paulo: Ática, 2018.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GHEDIN, E; DELGADO, O.T. MATOS, V.G.S. Atividade de situações problema na experimentação em ambientes virtuais, fundamentado na teoria de Galperin, na aprendizagem de Ótica Geométrica In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2015. p. 1-7.

GODOY, A.S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GUERRA, A.C.R; LUNAZZ, J.J. Atividade experimental investigativa, concepções alternativas e mediação: uma proposta inicial em Ótica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22, 2017, **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017. p. 1-8.

GUIMARÃES, Osvaldo, José Roberto PIQUEIRA, and Wilson CARRON. "Física." *São Paulo: Ática* (2018).

HELENO, V; SOUZA, C. GUANDELINI, D; MOREAU, A.L.D; CAMARGO, S. O ensino de Física envolvendo experimentos unindo teoria e prática. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Uberlândia. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2015. p. 1-8.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 383-405, set. 2008. ISSN 2175-7941

LABURÚ, C.E.; BARROS, M.A; KANBACH, B.G. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação das atividades experimentais no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007.

LUZ, A. M. R; ÁLVARES, B. A; "Física Contexto & Aplicações". Scipione: 2018.

MARTINHO, M.; SOARES, V. O ensino da refração com o auxílio das imagens conjugadas produzidas por uma lente semicilíndrica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 23, 2019, Salvador. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2019. p. 1-6.

MONTEIRO, I. C. C. **As atividades experimentais de demonstração em sala de aula – Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. Bauru, 2002. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2002.

MARTINS, Roberto de Andrade e SILVA, Ana Paula Bispo da Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos. **Revista Brasileira de Ensino de Física** 2013, v. 35, n. 1, pp. 1-9.),

NOGUEIRA, F.R.A. **Uma proposta pedagógica para o ensino de ótica na EJA – nível médio**. 2015. 134 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade de Brasília – Instituto de Física, [s. l.], 2015.

OZÓRIO, T.M.; FERREIRA, F.C.; DE ARRUDA SILVA, L.H. Experimentos e demonstrações de Física como instrumento da prática pedagógica no ensino de ciências. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009.

PASCHOTTA, R. Laser safety. 1ª edição. *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, 2008.

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. "Física em contextos." São Paulo: Editora do Brasil 1 (2018).

RIBEIRO, J.L.P; VERDEAUX, M.F.S. Uma investigação da influência da reconceitualização das atividades experimentais demonstrativas no ensino da Ótica no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 18, ed. 2, p. 239-262, 2013.

RODRIGUES, D.F; VALANI, L.M; DOS SANTOS, A.G; DE SOUSA, J.J,F; SOARES, V. Experimentos de Ótica Geométrica para aulas de ensino médio pelo PIBID/UFRJ In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21, 2015, Manaus. **Atas...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2015. p. 1-8.

VÁLIO, A. B. M; FUKUI, A.; FERDINIAN, B.; MOLINA, M.; VENÊ. "Ser protagonista – Física" SM: 2018.

VILELA, J.L.L; DE MAGALHÃES, C.S. Laboratórios de Ótica para alunos do ensino médio das escolas públicas: montagem e avaliação da aprendizagem in: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 22, 2017, Manaus. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017. p. 1-8.

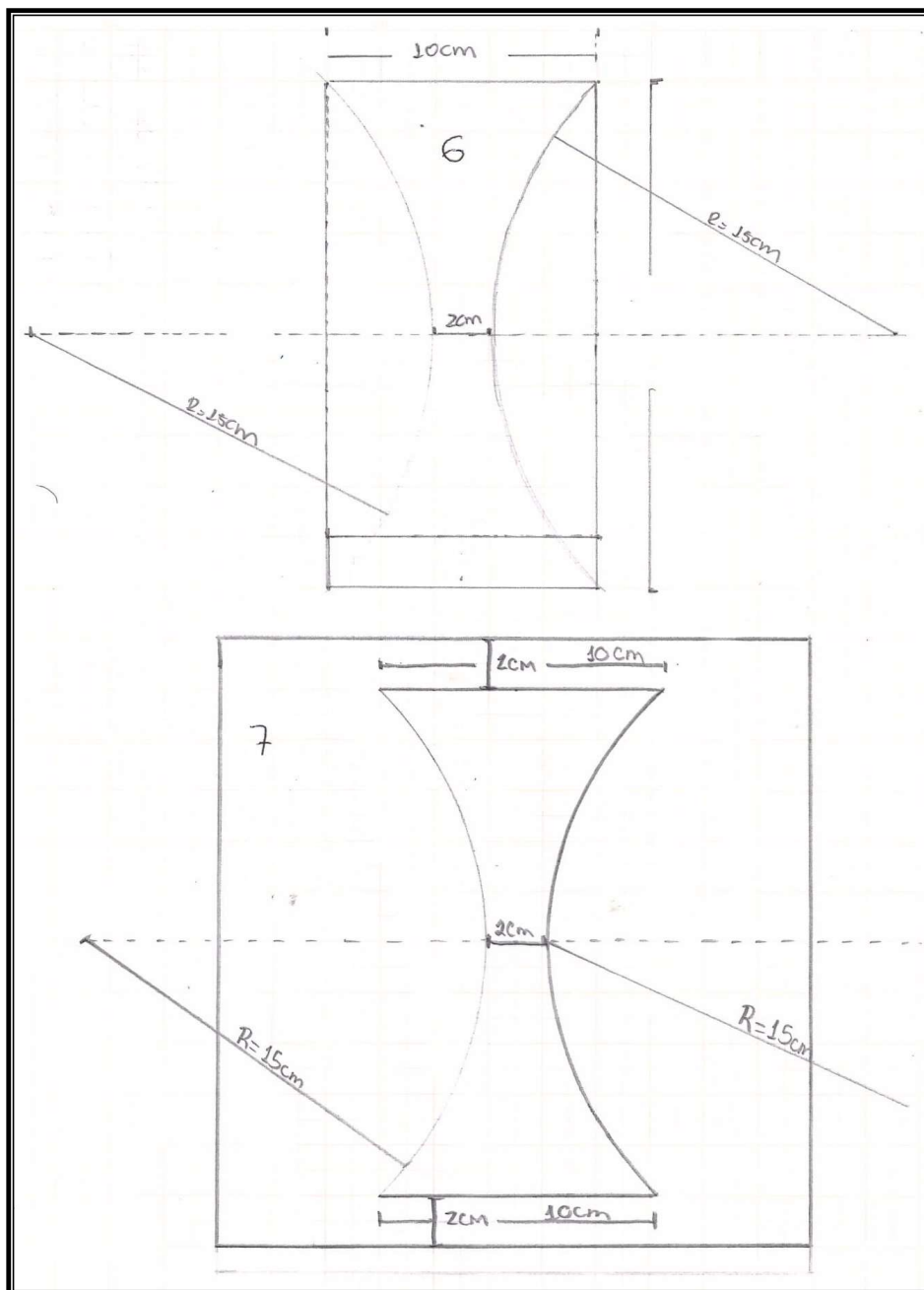
VYGOTSKY, L.S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YAMAMOTO, Kazuhito e FUKU, Luiz Felipe. "Física para o ensino médio 3." *São Paulo: Saraiva 3* (2018).

## APÊNDICE: Projeto do conjunto

A seguir, encontram-se as fotos escaneadas do projeto do conjunto de Ótica utilizado nesse trabalho. Essas foram as mesmas imagens enviadas à empresa de corte de acrílico que foi responsável pela produção das peças. As Figuras 22 a 25 apresentam as dimensões de cada peça.

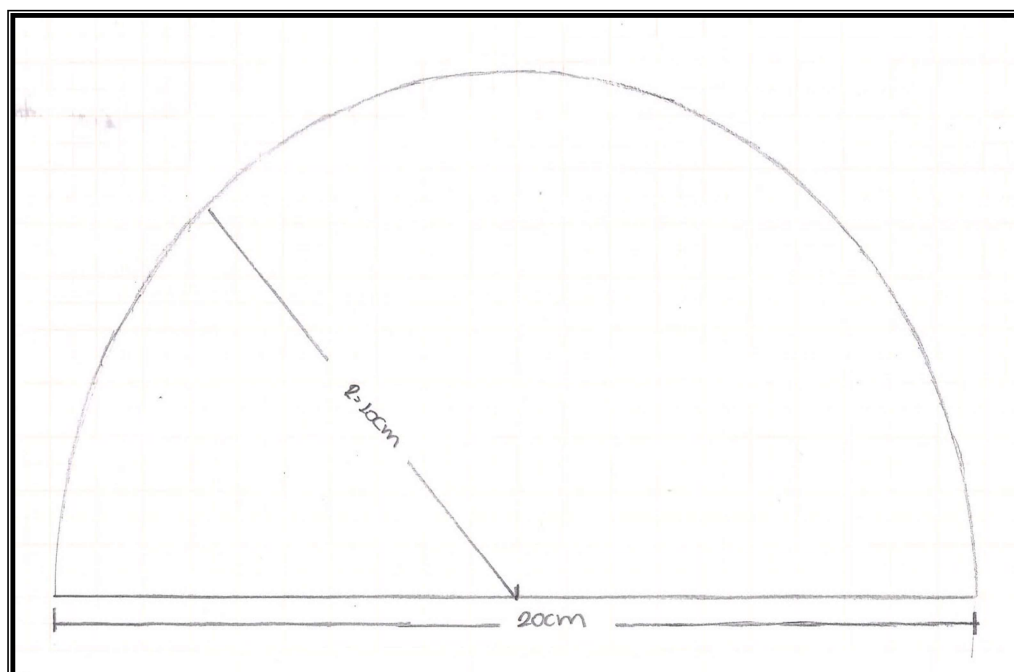
Figura 22 – Desenhos das peças 6 e 7.



Fonte: o autor.

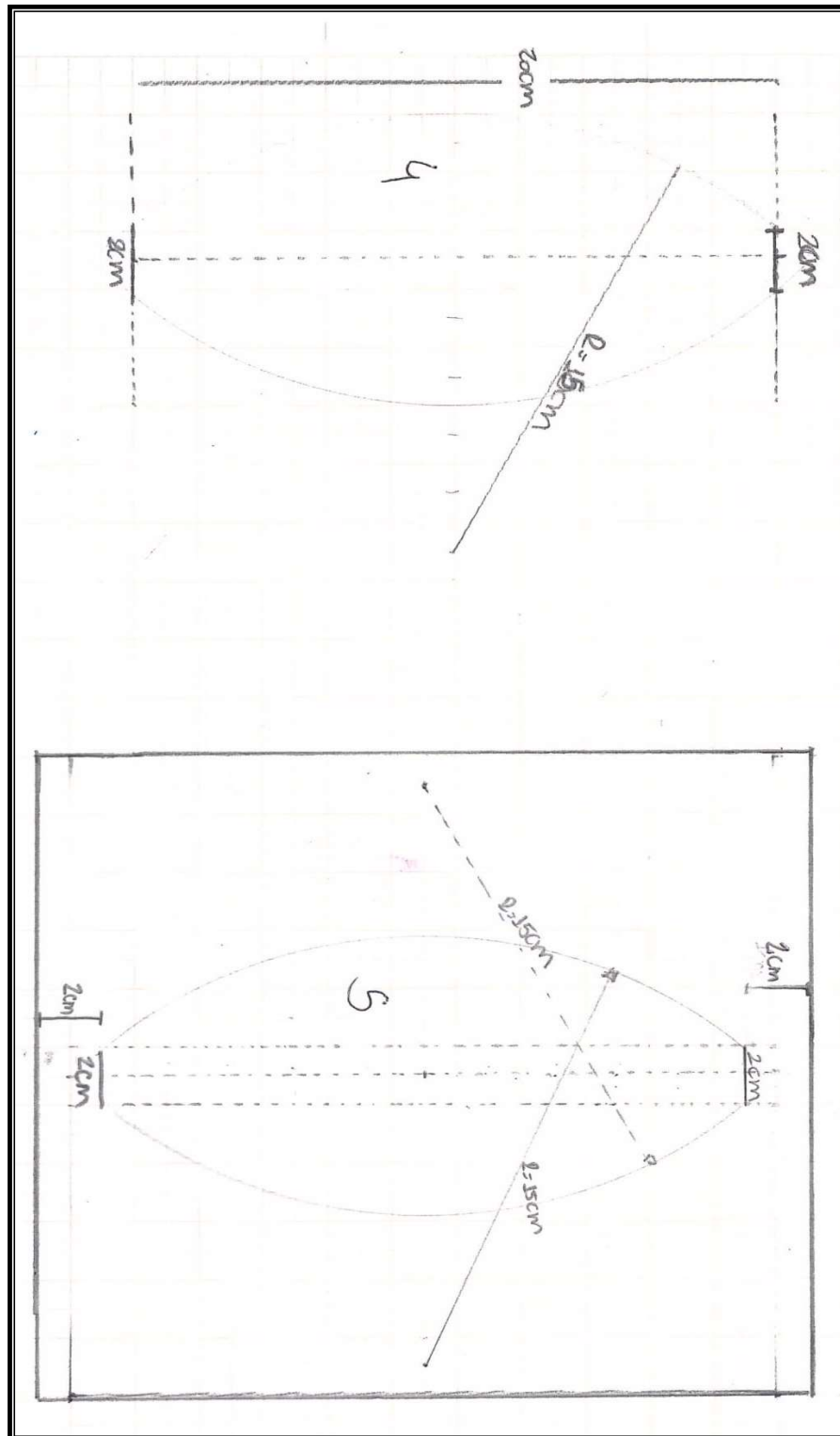


Figura 23 – Desenho da peça 1.



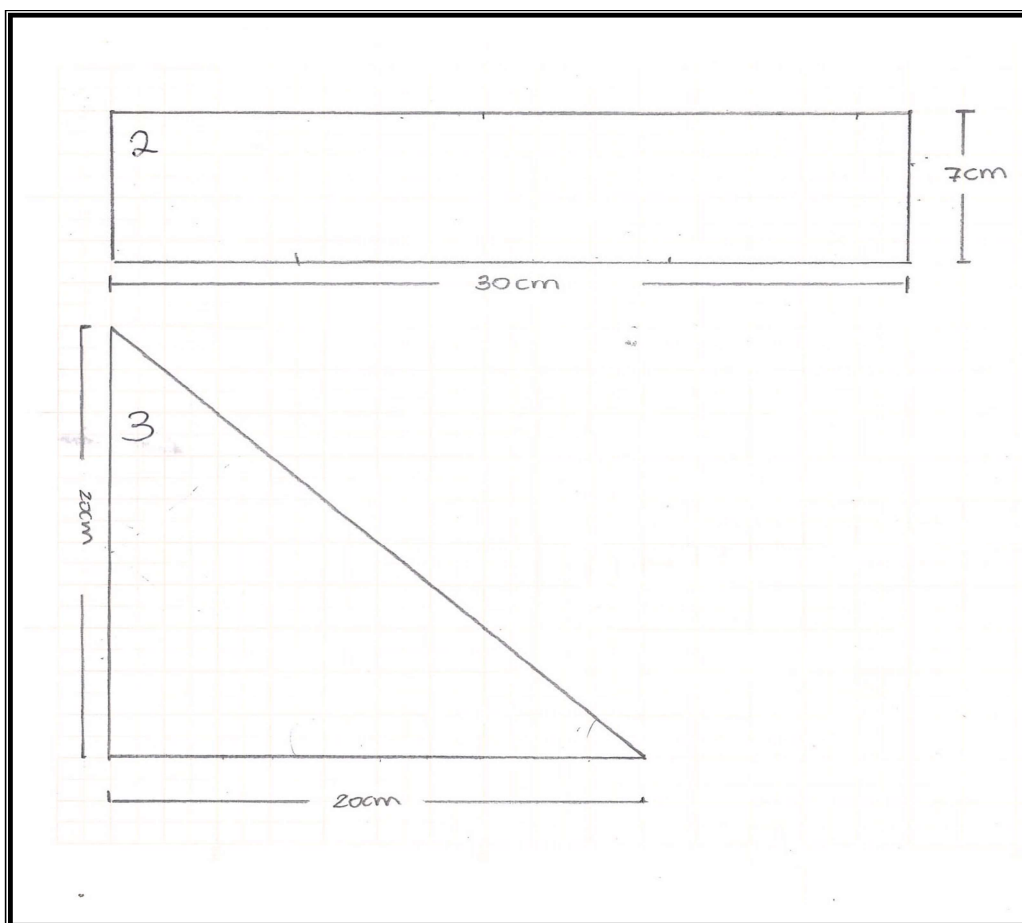
Fonte: o autor.

Figura 24 – Desenhos das peças 4 e 5.



Fonte: o autor.

Figura 25 – Desenhos das peças 2 e 3



Fonte: o autor.