



Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF)
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – POLO 21
(MNPEF-FURG)

SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

Clark Ferreira Farias Junior

Rio Grande
2018

CLARK FERREIRA FARIAS JUNIOR

SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO E NA
APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

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

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Aline Guerra Dytz

Rio Grande
2018

SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DE
ÓPTICA GEOMÉTRICA

Clark Ferreira Farias Junior

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Prof.^a Dra. Aline Guerra Dytz



Prof. Dr. Everaldo Arashiro



Prof.^a Dra. Virgínia Mello Alves

Rio Grande
2018

F224s Farias Junior, Clark Ferreira.

Sequência investigativa no ensino e na aprendizagem de óptica geométrica / Clark Ferreira Farias Junior. – 2018.

131p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Rio Grande/RS, 2018.

Orientadora: Dra. Aline Guerra Dytz.

1. Ensino de Física 2. Óptica 3. Aprendizagem I. Dytz, Aline Guerra II. Título.

CDU 53:37

Dedico esta dissertação à minha família, em especial aos meus pais, que sempre estiveram presentes nas minhas decisões e me incentivando, e à minha esposa, pelo amor, apoio e compreensão.

Agradecimentos

Dedico meus agradecimentos a todos que estiveram presentes e, que de algum modo, contribuíram para a conclusão dessa etapa.

À orientadora Dr.^a Aline Guerra Dytz pela sua disposição para os encontros de orientação, dando-me o respaldo nas horas que precisei e pelo aprendizado.

Aos professores do MNPEF pelos momentos de aprendizado, sugestões de leituras e partilha do conhecimento ao longo das disciplinas cursadas.

Aos colegas que, ao cursarem as disciplinas comigo, compartilharam suas experiências.

Agradeço também aos professores da banca pela disponibilidade, por aceitarem o convite e pelas contribuições.

Aos alunos da escola, que aceitaram fazer parte do meu trabalho, contribuindo para minha formação docente.

À Liliane Silva de Antiqueira, pela paciência, pelo seu AMOR e por fazer parte dessa importante etapa concluída.

À minha irmã, que sempre me incentivou a concluir meus objetivos e pela compreensão nos momentos de minha ausência.

Ao meu pai e minha mãe pelo apoio incondicional e pelos ensinamentos e incentivo ao estudo.

RESUMO

Esta dissertação faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), polo 21 da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Diante disso, apresenta-se o resultado do desenvolvimento do produto educacional "Percebendo a Óptica no cotidiano", o qual teve como base uma Sequência de Ensino Investigativa, constituída por treze atividades com foco no conteúdo de Óptica Geométrica. O produto educacional foi desenvolvido em treze encontros de 45 minutos cada e o público alvo foi uma turma do 3º ano, do turno da tarde, do Ensino Médio e Técnico do Meio Ambiente da Escola Estadual Lemos Júnior, na cidade de Rio Grande. O produto educacional possibilitou aprendizagens que vão além dos conteúdos curriculares como, por exemplo, a interação entre os envolvidos. Além disso, por meio da análise de registros escritos solicitados aos alunos no decorrer dos encontros, foi possível observar a evolução dos conceitos científicos dos alunos em relação aos fenômenos abordados de Óptica e a compreensão do conteúdo estudado.

Palavras-chave: Ensino de Física, Óptica, Aprendizagem.

ABSTRACT

This dissertation is part of the Graduate Program in Teaching Physics (MNPEF), pole 21 of the Federal University of Rio Grande - FURG. In view of this, the result of the development of the educational product "Perceiving the Optics in everyday life" is presented, which was based on a Sequence of Investigative Teaching, consisting of thirteen activities focused on the content of Geometric Optics. The educational product was developed in thirteen meetings of 45 minutes each and the target audience was a group of the 3rd year, afternoon shift, High School and Environmental Technician of the State School Lemos Júnior, in the city of Rio Grande. The educational product made possible learning that goes beyond curricular content, for example, the interaction between those involved. In addition, through the analysis of written records requested to the students during the meetings, it was possible to observe the evolution of students' scientific concepts in relation to the phenomena addressed in Optics and the understanding of the content studied.

Keywords: Teaching Physics, Optics, Learning.

Sumário

Apresentação.....	9
Capítulo 1 A constituição docente e a pesquisa	11
1.1 Percurso escolar, acadêmico e profissional.....	11
1.2 Justificativa	14
1.3 Objetivos geral e específicos	15
Capítulo 2 Ensino e aprendizagem da Física: algumas interlocuções teóricas	16
2.1 Sequência Investigativa no Ensino de Física.....	16
2.2 Ensino da Óptica Geométrica e seus conceitos	20
2.2.1 Reflexões históricas: o início da Física e a Óptica Geométrica.....	20
2.2.2 Ensino da Óptica Geométrica	22
2.2.3 A Óptica Geométrica e seus conceitos	24
2.3 O ensino e a aprendizagem escolar: uma visão vigotskiana	25
Capítulo 3 Percurso metodológico	29
3.1 Contexto do produto educacional	29
3.2 Elaboração da SEI para o produto educacional.....	30
3.3 Desenvolvimento do produto educacional: Percebendo a Óptica no cotidiano	33
3.4 Instrumentos de produção das informações a serem analisadas	49
Capítulo 4 Discussões e reflexões do produto educacional: Percebendo a Óptica no Cotidiano	51
Considerações finais	82
Referências Bibliográficas	84
Apêndice A Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	86
Apêndice B Produto Educacional Percebendo a Óptica no cotidiano	87

Apresentação

Esta dissertação faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), polo 21 da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Diante disso, apresenta-se a elaboração e o desenvolvimento do produto educacional “Percebendo a Óptica no cotidiano”, o qual teve como base uma Sequência de Ensino Investigativa, constituída de treze atividades com foco no conteúdo de Óptica Geométrica e desenvolvida em uma escola pública, na cidade de Rio Grande.

Assim, esse trabalho é composto por quatro capítulos, sendo que o primeiro é intitulado **A constituição docente e a pesquisa** e aborda os aspectos do percurso de formação do pesquisador e professor deste trabalho, mencionando algumas vivências da fase escolar, acadêmica e profissional. Também é apresentada a justificativa envolvendo algumas das escolhas realizadas e os objetivos a serem alcançados.

No segundo capítulo, cujo título é **Ensino e aprendizagem da Física: algumas interlocuções teóricas** são apresentados conceitos envolvendo a utilização de Sequências de Ensino Investigativas como estratégia para aulas de Física. Além disso, é abordado o ensino da Óptica Geométrica e seus principais conceitos, como por exemplo, os princípios e fenômenos associados à luz e o estudo dos espelhos planos. Na parte final, é feita uma discussão atrelada ao tema da Aprendizagem, para entender como ocorre esse processo com alunos do Ensino Médio.

Na sequência, no terceiro capítulo deste trabalho, denominado **Percurso metodológico**, apresenta-se o contexto em que o produto educacional foi desenvolvido e, além disso, é abordada a elaboração da Sequência de Ensino

Investigativa, constituída de treze atividades articuladas com o conteúdo de Óptica Geométrica no Ensino Médio. Por fim, são feitas algumas descrições relacionadas ao desenvolvimento dessas atividades.

No quarto capítulo, **Discussões e reflexões do produto educacional: Percebendo a Óptica no Cotidiano**, são abordados os resultados e reflexões, por atividade, do produto educacional “Percebendo a Óptica no Cotidiano”. É feito um diálogo com o que foi desenvolvido em sala de aula e os fragmentos escritos dos alunos e alguns autores.

Capítulo 1

A constituição docente e a pesquisa

Neste capítulo será descrito o percurso pessoal escolar, acadêmico e profissional do pesquisador deste trabalho. Ademais, será apresentada a justificativa na qual foi baseada a construção do produto educacional e, por fim, é abordada a questão de pesquisa e os objetivos.

1.1 Percurso escolar, acadêmico e profissional¹

Durante o período em que fui aluno no Ensino Médio, ressalto que não tive uma relação muito agradável nos estudos envolvendo a Óptica. Isso aconteceu devido à carência dos conteúdos e o modo como eles eram ensinados. Um exemplo foi o momento em que estava no terceiro ano e o professor que ministrava a disciplina de Física, deixou para ensinar o conteúdo de Óptica, nas últimas semanas de aula e, com isso, pude aprender apenas alguns conceitos básicos e, ainda, de modo muito resumido. Atualmente, pelo fato de ser professor, sei o quanto a Óptica pode ser explorada na sala de aula e a importância dos seus conceitos para a formação dos estudantes.

Dando sequência ao percurso escolar e, embora entendendo que tive um ensino pouco satisfatório em relação à Óptica, o contato com a Física no decorrer do Ensino Médio, despertou em mim curiosidades referentes a diversas explicações

¹ Esta seção está escrita na primeira pessoa do singular, pois tem a intenção de narrar alguns momentos que marcaram o pesquisador em relação ao seu período escolar, acadêmico e profissional.

sobre fenômenos naturais. Esse foi um fato que me fez pensar na escolha do curso de graduação, inclusive, no ano de 1999 conheci um profissional formado em Física, que lecionava em um curso pré-vestibular, o qual me incentivou na escolha do curso e apontou a carência profissional na área.

Foi então que, no ano de 2000, ingressei na Licenciatura em Física na Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Antes da finalização do primeiro semestre, comecei a carreira militar, devido ao processo seletivo do Grupamento de Fuzileiros Navais no Rio de Janeiro. Conseqüentemente, tive que me afastar da cidade de Rio Grande e também da graduação pelo período de 2 anos. Porém, a vontade de retornar ao curso de Física e me formar professor, me fez, no ano de 2003, dar continuidade aos estudos acadêmicos e satisfazer a vontade de ser docente, finalizando o curso em 2008.

Ainda na graduação, as aulas teóricas da disciplina de Óptica, não correspondiam integralmente as minhas perspectivas como aluno, pois, de uma forma mecanicista, algumas aulas tinham como base a cópia dos conteúdos, sendo pouco relacionados com a prática. As aulas experimentais de Óptica se caracterizavam por serem expositivas e pouco interativas, e isso despertava em mim a carência conceitual frente aos conteúdos abordados. Mesmo diante desses percalços, o percurso acadêmico foi muito importante na minha formação como professor, pois contribuiu no aprendizado teórico e experimental da Física, assim como na parte educacional, no que tange aos aspectos didáticos e metodológicos, sendo um período de muita dedicação e estudos.

Em 2009, um ano após a formatura, frequentei, na FURG, o minicurso “Ensino de Óptica voltado a professores de Física e Ciências”, que de modo muito atrativo, promoveu o contato com alguns simuladores² como ferramentas auxiliares no processo de ensino e aprendizagem de Óptica. Ao manuseá-los, percebi a conexão entre a Física aprendida e o cotidiano, e isso despertou em mim um olhar diferenciado no ensino da Óptica e como ela pode ser útil em diversas situações presentes no dia a dia dos alunos.

Com o interesse em continuar aprofundando meus conhecimentos e aprender mais sobre a docência, optei em realizar o curso de Pós-Graduação em Docência no Ensino Superior, em nível de Especialização, no período de 2009 a 2010, pela

² Citamos alguns como exemplo, ColorBox, color-vision, Mirrorclass, ComptonAnim e ConcaveLens.class.

Universidade de Maringá, no Paraná. No Trabalho de Conclusão da especialização, pude iniciar um estudo teórico na temática das Tecnologias Aplicadas à Educação e utilizar simulações como ilustração dos fenômenos físicos para o ensino de Física.

Durante esses anos de estudo, foi crescendo em mim a vontade pelo exercício da docência. Assim sendo, ao iniciar o ano de 2010, fui selecionado para lecionar em uma escola privada, no turno da manhã, na cidade de Rio Grande. Para minha surpresa, fui desafiado a ensinar o conteúdo de Óptica em uma turma de 3º ano do Ensino Médio. Nesse momento relembrei das angústias relacionadas a essa parte da Física, as quais foram vivenciadas enquanto aluno, tanto no Ensino Médio quanto na Graduação.

Em razão disso, tive a necessidade (e essa se mantém até hoje) e o desejo de fazer algo diferente, não “reproduzir” o mesmo modo que alguns professores fizeram para me ensinar. Para isso, me dediquei a elaborar planejamentos que contemplassem aulas atrativas e dinâmicas, assim como a utilização de simuladores e outras metodologias.

Em junho de 2011, teve início mais uma etapa importante na minha profissão, a qual foi lecionar, no turno da tarde, na Escola Estadual Lemos Junior. Está sendo uma experiência diferente, se comparada à rede particular, devido à carência de recursos e algumas dificuldades estruturais da escola, entre outros fatores. Porém, não menos desafiador no que se refere à sala de aula.

Dando continuidade ao meu percurso profissional, no primeiro semestre de 2014, atuei como tutor no Curso de Licenciatura em Ciências, que foi oferecido na modalidade à distância pela FURG. As disciplinas foram Cotidiano de Escola I e Fenômenos da Natureza II. Com isso, pude ter contato com assuntos da área de Ciências e auxiliar no processo de aprendizagem dos acadêmicos.

Depois de alguns anos lecionando nas duas escolas citadas, tive a vontade de me aproximar novamente do ambiente universitário, com a intenção de realizar outros estudos e, assim, aperfeiçoar minha prática docente. Devido a isso, no segundo semestre de 2016, participei da seleção para o Mestrado Profissional em Ensino de Física e, logo em seguida, comecei mais um desafio na área acadêmica, o qual me possibilitou a reflexão sobre as minhas aulas e como contribuir com o Ensino da Física na Educação Básica. Nesse sentido, o plano de trabalho desenvolvido refere-se à linha investigativa “Física no Ensino Médio”, tendo como foco a Sequência Investigativa no ensino e aprendizagem de Óptica Geométrica.

No segundo semestre de 2017, fui convidado para participar como professor supervisor no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). Este programa possibilita a experiência na iniciação à docência e a articulação entre a comunidade acadêmica e a escolar. Essa experiência oportunizou a reflexão de minhas práticas docentes, buscando maneiras inovadoras de contemplar os conteúdos abordados em sala, juntamente com um grupo de licenciandos do curso de Física.

1.2 Justificativa

No que se refere ao Ensino de Física, acredito que o professor deve buscar dinâmicas inovadoras, as quais possibilitem os alunos serem sujeitos críticos e autônomos do seu conhecimento. Nesse sentido, instigar o aluno à reflexão e à investigação, torna a sala de aula um lugar interativo e de compartilhamento de informações entre os sujeitos em ação. Os alunos poderão se sentir à vontade para refletir sobre o assunto estudado, e assim, por meio da sua curiosidade, aprimorar seu conhecimento.

Pensando nisso, elaborei uma Sequência Investigativa para o Ensino Médio, envolvendo a Óptica Geométrica. A escolha desse conteúdo foi pelo fato de perceber que muitos professores ainda abordam esse tema de maneira tradicional, com simples exercícios propostos ou meras descrições de fenômenos (HECKLER; SARAIVA; OLIVEIRA FILHO, 2007). Muitas vezes, são abordadas definições descontextualizadas da Óptica Geométrica, reproduzindo apenas o que consta nos livros didáticos.

Outro motivo refere-se ao fato de que me senti desafiado ao ter que ensinar o conteúdo de Óptica em apenas 2h/aula por semana, na escola pública onde leciono. A razão para isso foi a redução da carga horária da disciplina de Física, na turma do 3º ano do Curso Técnico em Meio Ambiente, desde 2017. Assim, pensei na alternativa de ensinar o conteúdo de Óptica Geométrica por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), como uma maneira de atender à demanda curricular do curso e de tornar atrativo esse conteúdo, fazendo com que os estudantes sejam participativos e questionadores.

1.3 Objetivos geral e específicos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e aplicar uma Sequencia Investigativa sobre Óptica Geométrica no Ensino Médio.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Compreender que aprendizagens sobre Óptica Geométrica foram alcançadas pelo produto educacional composto por uma sequência de ensino investigativa;
- Investigar a evolução dos conceitos científicos dos estudantes em relação aos fenômenos abordados na Óptica;
- Verificar se os alunos compreenderam e aplicaram os princípios da Óptica Geométrica.

Em suma, este capítulo abordou os aspectos do percurso de formação do pesquisador e professor deste trabalho, mencionando algumas vivências da fase escolar, acadêmica e profissional. Também foi apresentada a justificativa envolvendo algumas das escolhas realizadas. Ao final, foram descritos os objetivos a serem alcançados.

No capítulo seguinte serão feitas algumas interlocuções teóricas no âmbito do ensino e da aprendizagem da Física. Para isso, serão apresentadas algumas compreensões a respeito do ensino por investigação, bem como, da Óptica Geométrica e da relação entre desenvolvimento e aprendizagem em uma abordagem sociointeracionista.

Capítulo 2

Ensino e aprendizagem da Física: algumas interlocuções teóricas

Este capítulo busca conversar com autores que discutem algumas das temáticas que vão ao encontro deste trabalho, como por exemplo, Sequência Investigativa no Ensino da Física e Ensino da Óptica Geométrica e seus conceitos. Ao final, é feita uma discussão atrelada ao tema da Aprendizagem, para entender como ocorre esse processo com alunos do Ensino Médio.

2.1 Sequência Investigativa no Ensino de Física

Um dos problemas recorrentes das aulas de Física é a prática repetitiva na resolução de exercícios descontextualizados que, na maioria das vezes, trabalha a reprodução mecânica do conhecimento. Uma maneira de amenizar essa problemática é a utilização de Sequências de Ensino Investigativas (SEI), proposta por Carvalho (2011, 2013). Trata-se de uma sequência de atividades/aulas abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada. Além disso:

a SEI surgiu no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, a partir da sistematização de diversas pesquisas realizadas por seus mestrandos e doutorandos e de ampla revisão bibliográfica nos principais periódicos de ensino de ciências (BELLUCCO e CARVALHO, 2014, p. 37).

Ainda segundo a autora, a SEI proporciona aos alunos “condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico” (CARVALHO, 2013, p.09). Além disso, o ensino da Física por meio da SEI, promove o pensamento crítico dos alunos, pois permite que estes utilizem os conhecimentos teóricos aprendidos em situações práticas cotidianas, desenvolvendo assim, suas competências e habilidades.

No que se refere aos pressupostos teóricos para a organização da SEI, devemos considerar alguns pontos importantes, entre eles, a elaboração de um problema, sendo esse a gênese da construção do conhecimento do aluno. Além disso, o professor deve atentar-se a propiciar aos alunos a tomada de consciência de suas ações para resolver a problemática proposta. Ademais, também é importante possibilitar momentos em que os estudantes possam expressar suas explicações do fenômeno que está sendo estudado, sendo este, o começo da conceitualização (CARVALHO, 2011).

No planejamento da SEI, também se torna relevante propor atividades que criem condições para que os estudantes interajam socialmente. Para isso é importante o direcionamento da ação do professor durante o processo de desenvolvimento das atividades propostas. Sobre isso, Carvalho (2011) menciona alguns aspectos, como por exemplo, a participação ativa dos estudantes, a necessidade da interação aluno-aluno para que reflitam, levantem e testem hipóteses com seus pares.

Sendo assim, pensando em promover essa interação, outro aspecto que deve estar presente na SEI é o espaço para o trabalho em grupo, o qual passa de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos (CARVALHO, 2013). Desse modo, os alunos têm a oportunidade de articular, debater e aprender com o colega, possibilitando um ambiente em que os estudantes não se sintam inibidos e não tenham medo de se expor.

Ainda nesta perspectiva, o professor assume o papel de elaborador de questões que orientam o raciocínio dos alunos: o que fizeram, como fizeram e o porquê científico, de modo a levar os alunos a buscarem justificativas e argumentações durante as aulas. Outro ponto a ser destacado no planejamento e no desenvolvimento da SEI, diz respeito à linguagem. Ela se torna um importante

artefato cultural que atua diretamente no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, as quais caracterizam o pensamento tipicamente humano, isto é, ação consciente, atenção voluntária, memorização, pensamento abstrato, comportamento intencional entre outros (VIGOTSKI, 2007).

É com base na teoria vigotskiana, que Carvalho (2013, p.4) salienta a necessidade de prestarmos atenção no “desenvolvimento da linguagem em sala de aula como um dos artefatos culturais que fazem parte da interação social, não só no aspecto facilitador da interação entre professor e alunos, mas principalmente com a função transformadora da mente dos alunos”. A autora ainda ressalta que o professor deve criar condições para que os alunos construam, descrevam e apresentem os processos e argumentos científicos por meio da escrita e também oralmente.

Além da linguagem, devemos considerar o conhecimento intuitivo que o aluno traz para sala de aula, e não ignorá-lo, tornando este ambiente, um lugar de dialogo orientado pelo professor. Vigotski (2009) define como conceitos cotidianos ou espontâneos aqueles construídos na experiência pessoal, concreta e cotidiana, e conceitos científicos aqueles elaborados na sala de aula, adquiridos por meio do ensino sistemático.

A partir do conhecimento espontâneo, pode emergir uma problemática desafiadora para os alunos, os quais serão conduzidos e motivados a buscar soluções significativas. Assim, o problema a ser proposto pelo professor na SEI, refere-se também a questões e/ou situações envolvendo experimentos, jogos, textos, simulações e muitos outros. De acordo com Carvalho (2013, p. 6), para ser uma questão ou um problema para os alunos, “deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução”, assim propiciando que exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto abordado.

Diante disso, utilizar problemas em sala de aula auxilia o professor na formulação de questões que proporcionem aos alunos a vivência da disciplina de Física na prática. Para isso cabe ao professor formular problemas relacionados com a realidade dos estudantes, para que a Física não fique distante e descontextualizada do cotidiano.

O planejamento de um problema é essencial para que o professor não se esqueça do principal objetivo da problemática, e que se atente no surgimento de questões extras, o que vem a ser inevitável por parte dos alunos. Isto servirá para despertar a curiosidade e a investigação sobre os fenômenos que estão sendo estudados no processo. Esse procedimento vai ao encontro do ponto de vista de Carvalho:

O problema não pode ser uma questão qualquer. Deve ser muito bem planejado para ter todas as características apontadas pelos referenciais teóricos: [...] não pode ser algo que os espantem, e sim provoque interesse de tal modo que se envolvam na procura de uma solução e essa busca deve permitir que os alunos exponham os conhecimentos anteriormente adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto (CARVALHO, 2013 p.11).

Sendo assim, para o desenvolvimento de um problema é necessário conhecimento e planejamento dos conteúdos específicos que será desenvolvido no decorrer das aulas. Um exemplo é a pergunta: “O que é a luz e quais fenômenos ela apresenta?”, pois mesmo que os alunos não tenham noção de Óptica, o professor terá que ter um alinhamento dos conteúdos a serem desenvolvidos, frente às questões lançadas aos alunos.

Um aspecto relevante é o envolvimento dos alunos nas atividades propostas, de modo que possam aprender de forma ativa. Para que isso ocorra é necessário repensar os processos de ensino e de aprendizagem, desde uma mudança dos papéis do professor (transmissor de conhecimento) e do aluno (receptor de conteúdos), até a utilização de novas metodologias que possibilitem ao aluno construir seu próprio conhecimento tendo o professor como mediador do processo.

Assim sendo, ensinar Física por meio da investigação e através de problemas, envolve aulas dinâmicas, deixando de ser uma mera transmissão de conteúdo. Os alunos agem como solucionadores de problemas: definindo ações, escolhendo os dados e fazendo uso de ferramentas que sejam adequadas para a solução da situação posta.

Ademais, Carvalho (2013) menciona a importância de o professor inserir na SEI atividades que levam à contextualização social do conhecimento, indo além do conteúdo explorado pelo problema, levando o aluno a relacionar sua sala de aula à sua realidade. Essas atividades podem ser organizadas com diversos tipos de materiais didáticos como: textos, jogos, vídeos, simulações entre outros. Além disso,

deve ser levado em consideração o aprofundamento do conteúdo com aplicações interessantes ou introduzindo novos conceitos, uma espécie de “Para saber mais”.

Ao se tratar do conceito de avaliação em uma SEI, devemos entendê-la como uma avaliação formativa, isto é, um instrumento para que alunos e professor confirmem se está ou não ocorrendo a aprendizagem. Além disso, temos que compatibilizar os objetivos do ensino, com a avaliação da aprendizagem dos alunos: avaliação dos conceitos, termos e noções científicas; avaliação das ações e processos da ciência e avaliações das atitudes exibidas durante as atividades de ensino, sendo essas realizadas no decorrer do ensino de uma SEI (CARVALHO, 2013).

Em suma, entendemos a SEI como sendo um modo eficaz de tratar os fenômenos da Física. Esta estratégia demanda que o professor contextualize os conteúdos ensinados e explore os conceitos espontâneos dos alunos, propiciando condições para que possam pesquisar, raciocinar, debater e posicionar-se criticamente ao buscar respostas para um determinado problema.

2.2 Ensino da Óptica Geométrica e seus conceitos

Visando compreender os aspectos relacionados ao ensino da Óptica Geométrica, nesta seção serão abordados alguns elementos históricos, contemplando cientistas que contribuíram para o estudo da Física, e em específico, da Óptica Geométrica. Além disso, serão feitas algumas observações referentes às dificuldades por parte dos alunos e os problemas decorrentes do ensino da Óptica. Também apresentamos alguns conceitos estudados, como por exemplo, a natureza da luz e sua propagação.

2.2.1 Reflexões históricas: o início da Física e a Óptica Geométrica³

Os primeiros cientistas, chamados de "filósofos naturais", meditavam em suas observações e procuravam explicar como os fenômenos aconteciam. Civilizações antigas, mais de 2000 anos antes de Cristo, já registravam suas observações e faziam previsões sobre os fenômenos naturais como, por exemplo, as fases da Lua, as enchentes e vazantes dos rios. Mas todas essas atividades da Antiguidade

³ Reflexões produzidas com base em: FTD Educação. Física: Da Cosmologia à Óptica. Módulo 1, cap. 1, 2016.

tinham como foco as necessidades da agricultura e a sobrevivência. As explicações para os fenômenos quase sempre eram ligadas à religião e tudo o que existia e acontecia era por vontade divina.

No século VI, antes de Cristo, o grego Tales de Mileto, considerado o primeiro filósofo, sugeriu que todos os fenômenos tinham uma causa física e não apenas sobrenatural, passando, assim, a investigar todas essas causas. Tales de Mileto viveu no Egito e na Grécia e pode ter sido professor de famosos matemáticos, entre eles, Pitágoras. Nenhum relato ou obra escrita de Tales de Mileto sobreviveu. Sendo assim, nada pode ser confirmado sobre sua vida ou suas descobertas.

A Grécia foi o berço de várias ciências, foram os gregos os primeiros que dividiram a Ciência em disciplinas diferentes. Outro grande pensador e cientista grego foi Aristóteles, que apoiava o empirismo e acreditava que a observação e a medição poderiam desvendar as leis que regiam as coisas, e foi com ele, que se iniciou o método científico. Sendo assim, a civilização grega viveu o apogeu científico no período helênico e depois caiu em declínio.

A ciência e o método científico ressurgiram no século VII no mundo árabe. Um dos primeiros cientistas árabes foi Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haytham, conhecido também pela forma latinizada Alhazen. Nasceu no ano 965 em Baçorá, atualmente Iraque, e morreu em 1040 na cidade do Cairo. Físico e matemático árabe, foi o pioneiro da Óptica, depois de Ptolomeu, e buscava a solução de vários problemas que, por meio de experimentos, tentava chegar a uma solução lógica.

Por volta de 1025, Al-Hassan divulgou seu trabalho *De aspectibus* (Sobre a perspectiva), no qual descreve a estrutura do olho e o funcionamento das lentes. Ele afirmou que os raios de luz vinham de fora até o olho humano, que transmitiam o que nós enxergávamos, inclusive, as cores, e também teve mérito na construção da primeira câmera escura.

No século XIV foi inventado o telescópio, mas ainda não era usado para a Astronomia. Foi Galileu que, no início do século XVII, aperfeiçoou o telescópio e passou a usá-lo em suas observações. Outro grande cientista do final do século XVII que ajudou no avanço da Óptica foi Newton, que conseguiu separar a luz branca em seu espectro de cores. O trabalho de Newton foi importante em inúmeras áreas como a Óptica, a Mecânica e a Matemática.

No início, a Ciência se importava com a criação do Universo, os modelos planetários e a observação de astros e estrelas, principalmente para

ajudar na agricultura e nas navegações. Depois veio a preocupação com a luz: como podíamos enxergar o brilho das estrelas e como os raios de luz se propagavam. O primeiro trabalho remanescente escrito sobre Óptica é de Euclides, 300 antes de Cristo, em que o autor relacionava o tamanho da imagem com a distância do objeto ao olho. Ele também enunciou que o ângulo de reflexão do raio de luz no espelho é congruente ao ângulo de incidência.

No início, a Astronomia e os fenômenos da Óptica Geométrica eram estudados por meio de observações e deduções matemáticas, sendo que não havia nenhuma explicação física sobre os fenômenos e, por isso, as primeiras leis foram deduzidas por matemáticos como Euclides, Ptolomeu, Copérnico e Kepler. Esses matemáticos apresentavam apenas equações que reproduziam fatos observados. Somente a partir de Galileu e Newton que os fenômenos da Astronomia e da Óptica passaram a ser questionados e, assim, foram criadas as hipóteses sobre a natureza da luz.

2.2.2 Ensino da Óptica Geométrica

Ao refletir acerca do ensino da Óptica não podemos esquecer que se trata de uma área de conhecimento amplo, e seus fenômenos estão intimamente interligados ao estudo do eletromagnetismo, à ondulatória, à física quântica, à relatividade e até mesmo à mecânica (RIBEIRO; VERDEAUX, 2012). Assim sendo, são notórias as dificuldades por parte dos alunos e os problemas no ensino desse conteúdo. Muitas vezes, não é feita a conexão dos conceitos físicos aprendidos em sala de aula com o cotidiano, isto é, os fenômenos não são contextualizados.

Outro aspecto a ser destacado é o ensino de conceitos da luz e da visão não serem relacionados ao ensino da Óptica Geométrica. Além disso, o professor, de um modo geral, não leva em consideração os conhecimentos espontâneos dos alunos, os quais são essenciais, pois “a partir dos conhecimentos que o estudante traz para sala de aula que ele procura entender o que o professor está explicando ou perguntando” (CARVALHO, 2013, p. 6). São conexões intuitivas que o aluno faz mediante a explicação do professor.

Para complementar essas ideias, Gircoreano e Pacca, salientam que,

Quando se estuda Óptica no curso de Ensino Médio, o enfoque tradicionalmente se restringe ao estudo de aspectos geométricos, baseados no conceito de raio de luz e na análise das características de alguns elementos específicos, como por exemplo, espelhos, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes. Todos esses elementos sempre são indicados por retas e pontos num plano, sem ficar evidente que a luz se propaga num espaço tridimensional, que há uma fonte de luz e que existem obstáculos para a propagação. Os aspectos concernentes à natureza da luz, sua interação com a matéria e sua ligação com o processo de visão, também são, em geral, desconsiderados. (GIRCOREANO; PACCA, 2001, p. 27)

Nesse contexto, a aprendizagem dos alunos fica restrita a princípios da trigonometria com os ângulos dos raios refletidos entre espelhos, no cálculo do número de imagens, na memorização e aplicação de fórmulas. As características e propriedades intrínsecas da luz passam praticamente despercebidas. Ao abordar a construção e a formação de imagens, sejam em espelhos planos ou esféricos, Gircoreano e Pacca (2001, p. 29) salientam que “o observador não aparece ou não é destacado, e se tem a impressão de que a imagem forma-se no espaço e pode ser atingida por ‘raios visuais’”.

Dessa forma, o aluno não consegue conceber com facilidade a ideia de uma imagem virtual formada atrás de um espelho. Afinal, é essa a abordagem que muitos livros didáticos fazem. Destacamos também, que a indisponibilidade de aparatos experimentais em algumas escolas, prejudica o entendimento dos conceitos estudados. Com isso cabe ao professor construir relações entre o que é ensinado e o cotidiano, uma vez que, a realização de uma aula experimental aprimora a visualização dos fenômenos óticos.

Lopes (2014) menciona, segundo seus estudos, alguns obstáculos referentes à aprendizagem desse conteúdo. O primeiro deles refere-se aos parâmetros físicos da luz, ou seja, velocidade, comprimento de onda, frequência, etc, os quais estão fora do alcance da percepção humana.

Outro obstáculo está associado ao fato de observarmos fenômenos óticos modificados, devido à ação de meios como ar ou água que distorcem o que veríamos no vácuo. Lopes (2014, p. 6) também ressalta que “o observador é parte do sistema ótico. Tal premissa contrasta um pouco com a física clássica, onde a escolha de um observador resulta apenas numa análise distinta de outro observador, no entanto, o fenômeno observado é o mesmo”. Podemos citar como exemplo, o surgimento de um arco-íris, que somente é observado caso o observador

esteja em certa localização, pois em outros locais, ele poderá dizer que o fenômeno não aconteceu.

Outro ponto a salientar que dificulta o aprendizado da Óptica, é o fato de que as pessoas formulam espontaneamente explicações para os fenômenos, as quais se baseiam no senso comum e encontram validação em várias situações cotidianas. Um exemplo são as ideias equivocadas de raios visuais emitidos dos olhos, pois somente enxergamos o que é refletido dos objetos, após serem iluminados por uma fonte de luz (LOPES, 2014).

Em suma, o ensino da Óptica carece de estratégias diversificadas, que contemplem a percepção cotidiana do aluno em relação aos fenômenos estudados na escola. A utilização de aparatos experimentais, simulações e outros, trazem situações reais próximas a realidade, e isso pode auxiliar o aprendizado do aluno.

2.2.3 A Óptica Geométrica e seus conceitos

No estudo da Óptica, a luz é definida como energia, na qual é responsável pela ocorrência dos fenômenos óticos. Para conhecer a natureza da luz, pensadores de todos os tempos precisaram compreender inicialmente suas propriedades e os fenômenos a ela associados.

Desse modo, a luz é uma forma de onda de natureza eletromagnética e, por isso, se desloca também no vácuo percebido por nossos olhos e corresponde aos comprimentos de onda na faixa situada entre os raios infravermelhos e os ultravioletas. Segundo Menezes et al. (2010, p 84) referente a natureza da luz, “a luz comporta-se como onda em algumas situações e como partícula em outras, um fenômeno que chamamos de dualidade onda-partícula”.

A Óptica é dividida em duas áreas: a geométrica e a física. Neste trabalho foi dada ênfase à Geométrica. Na Óptica Geométrica é suposto que a luz esteja se propagando em linha reta e que ela obedeça às leis de reflexão e da refração. Assim, dizemos que quando ela encontra um objeto, pode ser absorvida, refletida ou refratada.

No que diz respeito às cores que vemos, elas não dependem apenas dos pigmentos que as compõem, mas da intensidade de luz que ilumina os objetos. Pode-se citar como exemplo, em shows artísticos que utilizam fochos concentrados de luz colorida para destacar as cores e tonalidades do ambiente.

Em relação à composição de pigmentos coloridos, estas têm resultados diferentes da composição de luzes coloridas. Segundo Menezes et al. (2010, p 83) “a junção de luzes de todas as cores produz o branco; a de pigmentos de todas as cores, o preto. Esse fenômeno foi discutido por dois celebres: o físico inglês Isaac Newton (1642-1727) e o pensador alemão Johann Wolfgang Goethe (1749-1832)”.

Newton defendia que a sobreposição das cores seria responsável pelo branco, por isso são chamadas de cores aditivas, utilizando o disco de Newton para demonstrar a experiência da decomposição e composição da luz branca. Goethe baseava sua concepção de cor na arte utilizando pigmentos em pinturas, os quais funcionavam as cores da luz incidente – um pigmento azul absorve todas as cores, exceto a azul, que é refletida. Essas duas formas de pensar as cores atualmente são conhecidas como *cor-luz* e *cor-pigmento*.

Referente à trajetória da luz, considera-se como uma linha reta, já que percorre a menor distância entre dois pontos no espaço; essa propriedade é denominada propagação retilínea da luz, alcançando no vácuo, a velocidade de 300.000 Km/s. A trajetória da luz pode ser desviada utilizando-se fibras ópticas, lentes e espelhos e, a alteração de velocidade ao mudar o meio de propagação pode acarretar um desvio de sua trajetória, conhecido como refração.

2.3 O ensino e a aprendizagem escolar: uma visão vigotskiana

Um dos pontos essenciais do pensamento vigotskiano é o fato do aprendizado e do desenvolvimento estarem inter-relacionados desde o primeiro dia de vida, isto é, o aprendizado ocorre muito antes das crianças frequentarem a escola. “Qualquer situação de aprendizado com a qual a criança se defronta na escola tem sempre uma história prévia”. (Vigotski, 2007, p. 94).

Esta história prévia está associada ao aprendizado da criança na idade pré-escolar, o qual difere do aprendizado escolar. Este último está voltado para a assimilação de fundamentos do conhecimento científico e, assim, produz algo fundamentalmente novo no desenvolvimento da criança. Nesse sentido, para compreendermos o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado, Vigotski (2007) menciona dois níveis de desenvolvimento: nível de desenvolvimento real e nível de desenvolvimento potencial.

O primeiro refere-se ao nível de desenvolvimento das funções mentais da criança que se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados, já amadurecidos. Neste nível a criança consegue resolver um problema de forma independente, sozinha. Em relação ao segundo nível, este é determinado através da solução de problemas pela criança, sob a orientação de um adulto ou em colaboração, com companheiros mais capazes (VIGOTSKI, 2007).

Ao pensar em uma situação de sala de aula, em que o aluno resolve um problema depois do professor fornecer pistas, ou mostrar como o problema pode ser solucionado, ou ainda, se ele resolve o problema com o auxílio de outros colegas, a solução deve ser vista como um indicativo de seu desenvolvimento mental. Neste caso, para Vigotski (2007), o que o aluno consegue fazer com a ajuda dos outros, pode ser de alguma maneira, muito mais indicativo de seu desenvolvimento mental do que aquilo que consegue fazer sozinho.

Ao encontro das ideias vigotskianas, Carvalho (2013) compreende que:

[...] o nível de desenvolvimento real é dinâmico, aumenta dialeticamente com os movimentos do processo de aprendizagem. O desenvolvimento potencial é uma incógnita, já que não foi ainda atingido [...]. O importante no entendimento deste nível é que ele é determinado pelas habilidades que o indivíduo já construiu, porém encontra-se em processo. Isto significa que a dialética da aprendizagem que gerou o desenvolvimento real gerou também habilidades que se encontram em um nível menos elaborado que o já consolidado. (CARVALHO, 2013, p. 4)

No âmbito educacional, o professor adquire um papel importante na construção de novos conhecimentos do aluno, de forma a orientá-lo com questões que potencialize sua aprendizagem e, conseqüentemente, seu desenvolvimento. Logo, Vigotski atribui relevância extrema à interação social no processo de construção das funções psicológicas humanas. Segundo Oliveira (1997, p. 60) “o desenvolvimento de cada aluno se dá em um ambiente social determinado e a relação com o outro, nas diversas esferas e níveis da atividade humana, é essencial para o processo de construção do ser psicológico individual”.

Desse modo, Vigotski define o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), como sendo a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. “Aquilo que é ZDP hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã, ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (VIGOTSKI, 2007, p.98).

Assim sendo, o aprendizado desperta processos de desenvolvimento que aos poucos vão fazendo parte das funções psicológicas superiores estabelecidas do indivíduo. Ainda, sobre a ZDP:

O aprendizado orientado para os níveis de desenvolvimento que já foram atingidos é ineficaz do ponto de vista do desenvolvimento global da criança. Ele não se dirige para um novo estágio do processo de desenvolvimento, mas, em vez disso, vai a reboque desse processo. Assim, a noção de zona de desenvolvimento proximal capacita-nos a propor uma nova fórmula, a de que o “bom aprendizado” é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento. (VIGOTSKI, 2007, p.102)

Em suma, para esse autor, a aprendizagem é condição prévia para o desenvolvimento, antecipando-se a ele e podendo promovê-lo. Eles estão relacionados, mas não coincidem. À medida que a aprendizagem escolar avança, o aluno se desenvolve mais rapidamente. Em razão disso, concluímos que aprendizado não é desenvolvimento. Entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta no desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outro modo, seria impossível de acontecer (VIGOTSKI, 2007).

A implicação desses conceitos vigotskianos para o ensino escolar é imediata pois, ao considerarmos que o aprendizado impulsiona o desenvolvimento, a escola deve assumir um papel essencial na construção do conhecimento dos alunos. Porém, isso só se torna possível quando as instituições educacionais orientam o ensino, não para etapas intelectuais já alcançadas, mas para estágios de desenvolvimento ainda não incorporados pelos alunos.

No processo de ensino e de aprendizagem escolar, o professor tem o papel explícito de interferir na ZDP dos alunos. No que se refere ao ensino da disciplina de Física, podemos mencionar algumas estratégias para que isso ocorra: iniciar a aula instigando os alunos frente a um desafio contextualizado; troca de ideias e ajuda mútua no trabalho coletivo; iniciar um conteúdo com atividades experimentais para demonstração de fenômenos; e apresentação de argumentos a partir dos conhecimentos espontâneos e científicos dos alunos. Todas elas são importantes para o desenvolvimento intelectual dos estudantes e para o incentivo da estruturação do pensamento.

A partir desta perspectiva, o professor deixa de ter o papel de transmissor de informações e de conhecimento, passando a atuar como mediador na dinâmica das

relações interpessoais e, principalmente, passando a ter a responsabilidade de conhecer seus alunos, de modo, a saber, como e quando promover avanços no desenvolvimento deles. Inserir-se na ZDP dos alunos é partir daquilo que eles trazem, desafiando-os e apoiando-os na ampliação da construção de novos conhecimentos e habilidades. É estimular a sua aprendizagem e, conseqüentemente, seu desenvolvimento (ALMEIDA; ROCHA; CHIARO, 2016).

A visão vigotskiana referente ao ensino e a aprendizagem escolar é um tanto complexa. Mesmo assim, fornece orientações relevantes para o desenvolvimento do ensino de modo geral e da Física em especial. O conceito da ZDP, em uma proposta de ensino sociointeracionista, nos ajuda a compreender o papel do professor na construção do conhecimento, assim como, a possibilitar que os alunos consigam relacionar fenômenos do cotidiano com seus conhecimentos espontâneos, favorecendo o aprendizado e o desenvolvimento.

Este capítulo explicitou, de forma geral, alguns conceitos envolvendo a utilização de Sequências de Ensino Investigativas como estratégia para aulas de Física. Na sequência foi abordado o ensino da Óptica Geométrica e seus principais conceitos, como por exemplo, os princípios e fenômenos associados à luz e o estudo dos espelhos planos e esféricos. Na parte final, apresentamos o processo de ensino e de aprendizagem escolar em uma abordagem sócio-interacionista.

No próximo capítulo, apresentaremos o percurso metodológico deste trabalho no contexto da pesquisa. Além do mais, explicaremos a elaboração de um produto educacional que envolve o ensino da Óptica Geométrica por investigação, bem como o seu desenvolvimento em uma escola da rede pública. Por fim, serão apresentados os instrumentos de produção das informações discursivas que foram utilizadas na análise da pesquisa.

Capítulo 3

Percurso metodológico

Neste capítulo será apresentado o contexto em que o produto foi realizado e, além disso, a SEI constituída de atividades para a abordagem do conteúdo de Óptica Geométrica no Ensino Médio. Na sequência serão feitas algumas descrições relacionadas ao desenvolvimento das atividades. Por fim, serão mencionados quais os instrumentos utilizados na produção das informações.

3.1 Contexto do produto educacional

O produto educacional foi realizado para uma turma do 3º ano, do turno da tarde, do Ensino Médio e Técnico do Meio Ambiente da Escola Estadual Lemos Júnior, na cidade de Rio Grande, terceiro trimestre de 2017. Ao consultar o Projeto Político-Pedagógico (PPP) da escola, constatamos que é uma instituição aberta, heterogênea e sem teste classificatório, com capacidade para atender até 2.400 alunos, distribuídos em 20 turmas em cada um dos três turnos de funcionamento.

O trabalho pedagógico da escola é articulado por áreas de conhecimentos, com proposta multidisciplinar, que visa o crescimento intelectual e social dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, a escola caracteriza-se como espaço de interações que se constrói através de ações coletivas, capazes de identificá-la com Instituição de Educação. Nesse sentido, o PPP busca refletir o melhor equacionamento possível entre recursos humanos, financeiros, técnico-didático e físico, para garantir tempos, espaços e situações de

inserção no seu ambiente social. Ou seja, prepara cidadãos ativos, livres de opressões, conscientes, críticos e autônomos.

Em 2011, a escola implementou o Curso Técnico do Meio Ambiente atrelado ao Ensino Médio. O curso tem como objetivo geral desenvolver no estudante a capacidade de interpretar informações, dados e documentos ambientais. Dessa forma, o curso contribui para a formação crítica e ética frente às inovações tecnológicas, avaliando seu impacto no desenvolvimento e na construção da sociedade e estabelecendo relações entre o trabalho, a ciência, a cultura e a tecnologia, com suas implicações para a educação profissional e tecnológica.

A turma em que foi desenvolvido o produto educacional foi composta por 12 alunos. Para participarem, os alunos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). Os sujeitos tiveram sua identificação preservada e, por isso, foram atribuídos pseudônimos dos personagens da turma da Monica de Maurício de Sousa, tais como: Cebolinha, Mônica, Magali, Dorinha, Chico Bento, Cascão, Maria Cascuda, Franjinha, Xabéu, Timóteo, Rosa Maria e Rodolfo. Suas idades, no ano em que foi realizada a pesquisa, variavam entre 16 e 18 anos. A maioria deles trabalhava no turno inverso para ajudar na renda da família, o que muitas vezes refletia no rendimento escolar da turma.

Uma característica relevante e positiva da turma diz respeito ao comportamento tranquilo, a maturidade e o respeito com todos os professores. Além disso, a turma sabia de suas dificuldades e, dessa forma, eram pontuais, esforçados e presentes em todas as aulas de Física, bem como nas outras disciplinas.

3.2 Elaboração da SEI para o produto educacional

A SEI foi constituída por atividades que compõem o produto educacional **Percebendo a Óptica no cotidiano** (Apêndice B), desenvolvido no período de 27/09/2017 à 06/12/2017, totalizando 13 encontros de 45 minutos cada. Para o planejamento da SEI foi levada em consideração três situações, sendo a primeira a carga horária reduzida da turma; a segunda, como ministrar o conteúdo de Óptica Geométrica, de modo que fizesse sentido ao aprendizado dos alunos; e a terceira foi a inquietação da turma perante essa temática.

Dessa forma, a organização das atividades teve como base a consulta em livros didáticos, material digital e em alguns experimentos, tais como a mistura de

cores, a reflexão e a refração dos raios de luz como fenômenos presentes no cotidiano dos alunos. Além disso, o estudo de lentes não foi abordado na elaboração da SEI, tendo em vista o período reduzido de aulas, mas o mesmo poderá ser contemplado futuramente.

A organização da aplicação do produto educacional está representada na Figura 3.1 a seguir. Esta contempla a data da aplicação, o número correspondente de cada atividade, a questão problematizadora⁴, o objetivo a ser alcançado, os conceitos físicos abordados e a estratégia metodológica desenvolvida na turma.

Figura 3.1: planejamento da SEI⁵

Data	Atividade /questão problematizadora	Objetivo	Conceitos físicos	Estratégia Metodológica
27/09/2017	1. Minhas concepções ⁶ : o que entendo sobre Óptica Geométrica?	Identificar conhecimentos espontâneos dos alunos em relação aos fenômenos da luz a ser estudado.	Propagação e absorção da luz.	Escrita: questionário investigativo ⁷ .
28/09/2017	2. A Física e o cotidiano: como a ciência pode mudar a maneira de ver mundo?	Identificar as concepções em relação aos fenômenos Físicos da Óptica Geométrica referente ao vídeo A Física e o Cotidiano.	Fenômenos da Óptica: absorção e reflexão da luz; A cor de objetos a partir das frequências de luz absorvidas e refletidas.	Assistir ao vídeo A Física e o Cotidiano, responder o questionário investigativo e debater ao término da aula.
04/10/2017	3. A luz tem cor?	Verificar as cores secundárias para luz através dos experimentos.	Diferenciar cor-luz de cor-pigmento.	Experimentos "Composição da luz em cores" e "Misturando os pigmentos de cores"
05/10/2017	4. Como a visão de cor funciona?	Observar a percepção de cores	Revisão dos conceitos sobre as cores de luz.	Análise de um simulador e escrita.

⁴ Carvalho (2013) ao se tratar da SEI, refere-se ao problema como sendo um desafio ou uma questão. Neste trabalho optamos pelo termo questão problematizadora.

⁵ Todas as atividades presentes no Quadro 3.1 encontram-se no apêndice B, e são descritas no decorrer da seção 3.3.

⁶ Neste trabalho menciono o termo concepção referindo-se aos conhecimentos prévios ou espontâneos dos alunos a partir da abordagem vigotskiana.

⁷ Carvalho (2013) sugere que é muito importante na SEI, o professor organizar um questionário sobre os pontos principais que foram desenvolvidos, sendo também, uma forma de avaliação do conteúdo conceitual.

Figura 3.1: planejamento da SEI (continuação)

11/10/2017	5. Composição e decomposição da luz – Como produzir arco-íris?	Analisar a composição e a decomposição da luz branca	Composição e decomposição da luz.	Construção do disco de Newton e utilização de um prisma e registro por escrito.
18/10/2017	6. Como a Óptica Geométrica pode virar o mundo de cabeça para baixo?	Produzir uma câmara escura onde seja possível visualizar imagens e trabalhar com as relações ópticas e geométricas.	Propagação retilínea dos raios luminosos; Relação entre a altura do objeto, altura da imagem, distância entre o objeto e a câmara e o comprimento da câmara.	Pesquisa para construção de uma câmara escura de orifício e registro por escrito
25/10/2017	7. Interlocução entre teoria e prática. O que aprendi sobre a câmara escura?	Socializar com os colegas a construção da câmara escura e o vídeo explicativo do grupo.	Propagação retilínea dos raios luminosos; Relação entre a altura do objeto, altura da imagem, distância entre o objeto e a câmara e o comprimento da câmara.	Construção e apresentação das câmaras escuras, dos vídeos.
01/11/2017	8. A luz e a sua refração: será ilusão de Óptica?	Verificar o fenômeno da refração associado à propagação retilínea da luz.	Índice de refração de um meio; Lei de Snell-Descartes.	Experimento: Relação angular entre os raios incidente e refratado
08/11/2017 16/11	9. Refração- Como quebrar um raio retilíneo de luz?	Revisar o conceito do fenômeno da refração	Revisão dos conceitos sobre a refração da luz.	Análise de um simulador e escrita.
23/11/2017	10. A luz e a sua reflexão em espelhos planos – imagens virtuais ou reais?	Verificar a lei da reflexão da luz em espelhos planos.	As leis da reflexão; Formação de imagens entre dois espelhos planos.	Experimentos de simetria entre objeto e imagem e o cálculo do número de imagens entre dois espelhos.
29/11/2017	11. Como multiplicar o que enxergamos utilizando um caleidoscópio?	Construir um caleidoscópio e verificar a reflexão da luz.	Reflexão da luz em superfícies planas.	Construção de um caleidoscópio.
30/11/2017	12. A luz e a sua reflexão em espelhos esféricos – imagens virtuais ou reais?	Analisar a lei da reflexão da luz em espelhos esféricos.	Tipos de espelhos esféricos; Propriedades dos raios de luz; Formação de imagens.	Material didático; Experimentação dos raios de luz; Correção de exercícios e Registro.
06/12/2017	13. Feedback: Como percebo a Óptica no cotidiano?	Sistematizar coletivamente o conhecimento produzido	Óptica Geométrica	Registro e roda de conversa

Por meio da Figura apresentada, podemos perceber, de forma sintetizada, a sequência de atividades que desenvolvemos com a turma. Além disso, explicita como as aulas foram organizadas no decorrer da aplicação.

3.3 Desenvolvimento do produto educacional: Percebendo a Óptica no cotidiano

Antes de iniciar a aplicação do Produto Educacional, no dia 21/09/2017, a turma do 3º ano foi convidada para participar das atividades que compõe a SEI. Após o convite e a aceitação positiva dos alunos, eles demonstraram curiosidade em presenciar algo novo, e sentiram-se desafiados e estimulados em começar as atividades.

Após alguns dias, foi aproveitado o momento em que a escola fazia uma reunião com os pais em função de uma greve dos professores, para explicar aos responsáveis a proposta a ser desenvolvida. Além disso, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e, depois dos responsáveis darem o consentimento quanto a participação dos alunos, todos entregaram o termo assinado.

Diante disso, iniciou-se a aplicação do Produto educacional, no dia 27/09/2017, com a atividade 1. De início, foi escrito no centro da lousa a questão problematizadora **Minhas concepções: o que entendo sobre Óptica Geométrica?** A intenção foi explorar o assunto, mas não de forma tradicional, com o professor apontando conceitos e definições, e sim de provocá-los a refletirem sobre suas concepções provindas do cotidiano. Segundo Carvalho (2013), na maioria das vezes, a SEI inicia-se por um problema ou questão que introduz os alunos no tópico desejado e oferece condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno do conteúdo programático.

Com a participação da turma, surgiram palavras que complementavam o conceito de Óptica Geométrica, como: luz, Sol, energia, cores e arco-íris. Na ação do professor em questionar os alunos sobre essas palavras, eles argumentavam a respeito do termo que o colega citou, levando-os a pensar de forma diferenciada a respeito de algo onde não tinham se questionado.

Logo após, foi entregue o material didático⁸, ou seja, um questionário investigativo: **Minhas concepções: um olhar sobre o assunto**, (Apêndice B1), a ser respondido individualmente, sem qualquer tipo de consulta. A finalidade foi identificar os conhecimentos espontâneos dos estudantes acerca dos fenômenos da luz, das cores e dos objetos. Foi esclarecido que não se tratava de uma avaliação constituída de nota ou conceito.

A maioria dos alunos sentiu-se à vontade para realizar o exercício da escrita, o qual durou aproximadamente 15 minutos. Carvalho (2013) destaca que a etapa do escrever é essencial para a sistematização individual do conhecimento, registrando o que aprenderam durante a aula. A Figura 3.2 exibe um dos estudantes respondendo as questões.

Figura 3.2: Aluno realizando a escrita do questionário investigativo.



Por fim, foi realizada uma roda de conversa em que os alunos expressaram suas concepções acerca dos fenômenos da luz e realizaram a leitura de suas respostas das questões do questionário investigativo. Alguns alunos relacionaram a luz como uma forma de energia comparando-a com o calor, relatando que superfícies escuras “acumula calor solar”, “esquenta mais”, “absorve calor”, mas nenhum aluno associou a propagação dessa energia como uma onda eletromagnética.

Com as contribuições conceituais da Física, neste momento o professor assume o papel de orientador, relatando após cada questão do questionário

⁸ Em relação a SEI, Carvalho (2013) define material didático como sendo um aparato experimental, textos, figuras, etc. Este precisa ser bem organizado para que os alunos possam resolvê-los sem se perder, isto é, o material didático deve ser intrigante para despertar atenção deles. Além disso, neste trabalho foram considerados os questionários, as atividades de escritas para os alunos assim como os demais materiais disponibilizados.

investigativo, o conceito correto aos alunos. Dessa forma, ao término da atividade, os alunos foram questionados a respeito de cada questão proposta.

Na atividade 2, realizada em 28/09, foi explicada a questão problematizadora **A Física e o Cotidiano: como a ciência pode mudar a maneira de ver mundo?** Com o objetivo de analisar de forma geral os fenômenos da Óptica Geométrica decorrentes do cotidiano, foi proposto à turma, conforme Figura 3.3, assistirem ao vídeo **A Física e o Cotidiano**⁹.

Esse vídeo aborda os fenômenos físicos da natureza da luz, as proposições quanto ao estudo da luz de Cristian Huygens e Isaac Newton, a reflexão, a propagação retilínea dos raios luminosos, a definição corpuscular da luz como onda e partícula, as cores dos objetos e aplicações no cotidiano.

Figura 3.3: Turma na sala de projeção assistindo ao vídeo didático.



Ao término da visualização do vídeo, os alunos receberam uma folha contendo quatro questões discursivas (Apêndice B2) relacionadas ao vídeo. A fim de discutir e refletir sobre o assunto estudado e sobre os fenômenos da natureza da luz, os alunos registraram por escrito suas respostas. Depois disso, as questões foram debatidas e os alunos puderam expressar seus entendimentos.

Nesta atividade, os alunos puderam complementar seus conhecimentos a respeito do tema abordado, por meio do aprofundamento “Para saber mais” que contemplou o texto “Sombras do Tempo”, exibido no Apêndice B2. O texto possibilitou curiosidades e/ou destaques relacionados aos conceitos estudados recentemente.

⁹ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=lpYU2-f9kQ4>

Na semana seguinte, no dia 04/10, foi desenvolvida a atividade 3, iniciando com a questão problematizadora: **A luz tem cor?** A aula teve como objetivo verificar as cores secundárias para luz através de dois experimentos: **Composição da luz em cores e Misturando os pigmentos de cores**. Dessa forma, foi entregue a folha da atividade proposta, que continha dois experimentos para os alunos efetuarem seus registros (Apêndice B3).

No experimento **Composição da luz em cores**, os alunos superpuseram, com o auxílio do celular, três lanternas nas cores azul, verde e vermelha, na parede branca, conforme mostra a Figura 3.4. As lanternas foram confeccionadas com rolos de papelão de diferentes diâmetros, onde foram fixados os filtros de cada cor.

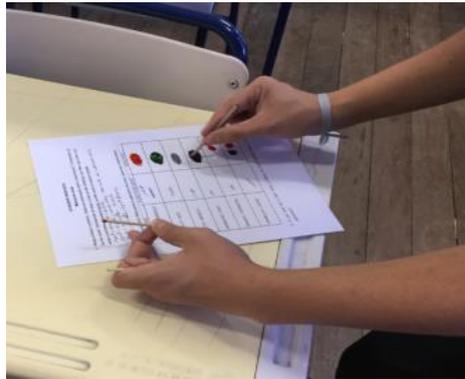
Figura 3.4: Lanternas com filtros nas cores verde, azul e vermelha



Na utilização das lanternas, os alunos associaram as cores em pares, visualizando o resultado da composição da luz verde com a luz azul, em seguida verde com vermelha, e então, a associação das três cores ao mesmo tempo. Após realizarem o experimento com as lanternas e os filtros, os alunos relataram por escrito suas observações a fim de responder à questão inicial “A luz tem cor”?

No segundo momento, os alunos fizeram o experimento **Misturando os pigmentos de cores**. Para isso, eles preencheram a tabela, da segunda parte da atividade, (Apêndice B3) com o que acharam inicialmente antes da mistura dos pigmentos, e posteriormente, visualizavam o resultado após efetuarem as misturas. Um exemplo pode ser visualizado na Figura 3.5.

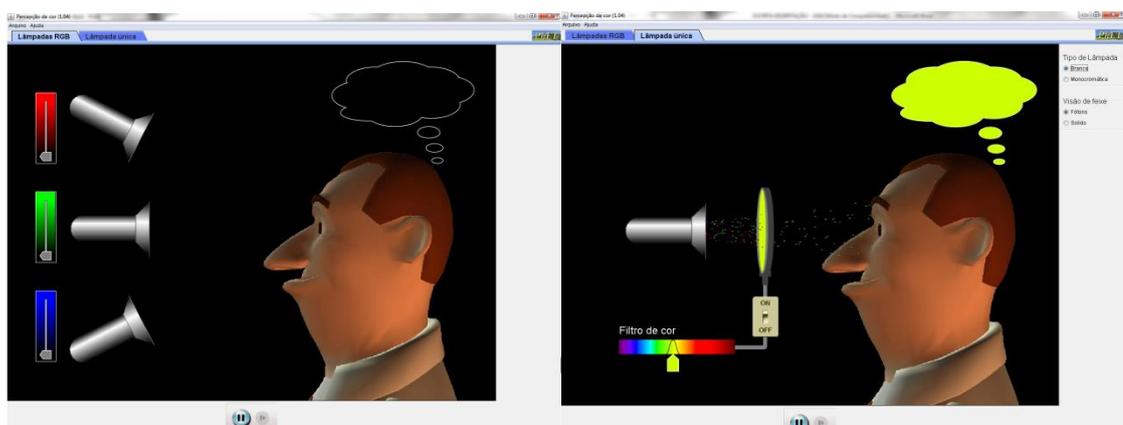
Figura 3.5: Aluna misturando pigmentos de cores para preencher a tabela.



Ao final dessa atividade os alunos foram questionados sobre o que eles tinham a dizer sobre a mistura de cores utilizando filtros e pigmentos de tintas. Na observação de cada experimento, com sua respectiva escrita, os alunos puderam registrar suas conclusões referentes ao questionamento, citando que houve diferença quando se mistura cores com filtros e pigmentos de tintas.

No dia seguinte, 05/10 foi desenvolvida a atividade 4, com a questão inicial **Como a visão de cor funciona?** O objetivo da atividade foi observar a percepção de cores usando os computadores da sala de aula e o simulador “**Visão de cor**”. Os alunos foram desafiados a explorá-lo detalhadamente nas duas abas: “Lâmpadas RGB” e “Uma lâmpada”, exibidas respectivamente na Figura 3.6.

Figura 3.6: Imagem do simulador Visão de cor



Enquanto os alunos examinavam o simulador, foi entregue uma folha (Apêndice B4) contendo três perguntas a respeito do uso das lâmpadas RGB e de uma única lâmpada na cor branca ou monocromática em conjunto com o filtro de cores. Assim, os alunos relacionaram os resultados obtidos com o experimento

“Composição da luz em cores” da atividade passada e, dessa forma, puderam revisar os conceitos sobre as cores de luz. A Figura 3.7 mostram os alunos realizando a atividade.

Figura 3.7: Manuseio do simulador e registro das observações



Na atividade 5, realizada no dia 11/10, a questão mencionada foi a **Composição e decomposição da luz: como produzir arco-íris?** Com o objetivo de analisar a composição e a decomposição da luz branca, essa atividade foi dividida em quatro momentos em uma única aula: a leitura de um texto didático, a construção do disco de Newton, a utilização de um prisma de acrílico e, por fim, o registro das conclusões a respeito do estudo realizado.

No primeiro momento os alunos receberam o texto didático: “O experimento crucial de Newton sobre a decomposição da luz”. Após a leitura, como ilustrada na Figura 3.8, foi discutido o fenômeno existente da refração da luz e a lei de Snell Descartes.

Figura 3.8: Leitura do texto didático



Dando seguimento a atividade proposta, no segundo momento, cada aluno recebeu uma folha com o desenho de um disco (Apêndice B5), e um conjunto de giz de cera, compartilhado pela turma, para pintar o disco com as 7 cores do arco-íris.

Depois disso, os alunos recortaram o disco pintado e colaram em um CD. Utilizaram um palito e dois pedaços de cortiça para fixarem esse conjunto no CD. Com a construção pronta, os alunos giraram o aparato como um pião e, dessa forma, tiveram a oportunidade de visualizar o fenômeno da composição das cores na cor branca. A seguir, na Figura 3.9, é ilustrada as etapas dessa construção.

Figura 3.9: Construção do disco de Newton.



No terceiro momento, um aluno expôs o prisma à luz branca, conforme a Figura 3.10 e foi observada a formação do espectro visível. A seguir, esse efeito relaciona com a formação de um arco-íris, no qual as gotículas de água presente na atmosfera comportam-se como pequenos prismas.

Figura 3.10: Aluna com o prisma exposto à luz branca.



Por fim, antes do término da aula e no quarto momento da atividade, os alunos registraram suas conclusões a respeito do estudo realizado sobre a composição e decomposição da luz branca. Ademais, fizeram a relação com as atividades anteriores, desde a mistura de cores utilizando filtros e pigmentos, conforme é ilustrado na Figura 3.11.

Figura 3.11: Aluna registrando suas conclusões



Na atividade 6, do dia 18/10, a questão foi **Como a Óptica Geométrica pode virar o mundo de cabeça para baixo?** Após alguns minutos com a turma pensando a respeito da questão, foi proposta uma pesquisa utilizando os computadores da sala de aula. Os alunos começaram a questionar se a câmara escura poderia servir como resposta. Então, foi explicado aos alunos o que é uma Câmara Escura de orifício, e que por meio dela é possível visualizar imagens e trabalhar com as relações ópticas e geométricas.

Logo, foi perguntado à turma se gostariam de construir uma Câmara Escura de orifício, e como já esperado, a resposta foi positiva. Para isso tiveram que pesquisar quais os materiais necessários e de que modo ela poderia ser construída. Divididos em grupos, cada aluno ficou responsável por um material e utilizaram o espaço físico da escola como ambiente para elaboração e gravação dos vídeos.

Nesta atividade, os alunos puderam aprofundar seus conhecimentos a respeito do tema abordado, com o “Para saber mais”, que contemplou o texto “Faça sua Câmera escura de orifício” exibido no Apêndice B6. Trata-se de curiosidades e/ou destaques relacionados aos conceitos estudados recentemente. Por fim, cada aluno fez seu registro da atividade, relatando o que aprendeu de Física com essa atividade.

No dia 25/10¹⁰, foi desenvolvida a atividade 7 com a questão **Interlocução entre teoria e prática. O que aprendi sobre a câmera escura de orifício?** Cada grupo trouxe o material para construir a câmara escura de orifício, tais como: uma caixa de papelão, uma lente, uma cola, uma fita adesiva e cartolina preta. Na Figura

¹⁰ Esta atividade foi desenvolvida em 2 períodos, sendo uma exceção em relação as demais, pois foi cedido ao professor um período de aula devido a uma reunião realizada no dia 19/10.

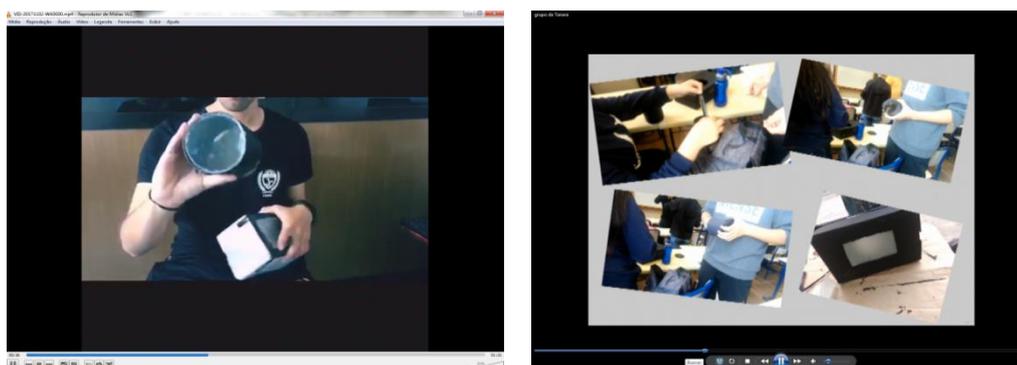
3.12 podemos visualizar as etapas da produção e um componente do grupo efetuando a gravação.

Figura 3.12: construção da câmara escura de orifício e produção do vídeo explicativo.



No decorrer da construção da câmara escura de orifício, os alunos gravaram um vídeo pelo celular, explicando cada passo da montagem, e com os computadores disponíveis em sala, realizaram a edição do vídeo. Estes foram socializados pelos grupos e ficarão disponibilizados para as próximas turmas da escola. A Figura 3.13 mostra a produção do vídeo.

Figura 3.13: Produção dos vídeos editados pelos alunos



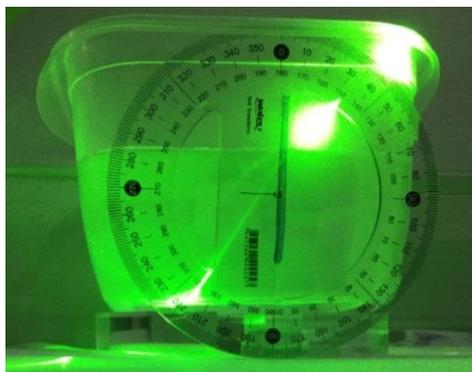
No dia 01/11, a atividade 8 foi composta pela questão **A luz e a sua refração: será ilusão de Óptica?** Com o objetivo de verificar o fenômeno da refração associado à propagação retilínea da luz e sua velocidade, a aula iniciou com a demonstração do fenômeno de refração utilizando uma caneta laser e um pedaço retangular de acrílico. Dessa forma, a turma foi questionada se o que estavam

observando seria ilusão de Óptica. Com isso recapitularam o fenômeno observado com o prisma na atividade 5.

A seguir foi entregue o material didático “A luz e a sua refração” (Apêndice B8), contendo um texto sobre o índice de refração absoluto de um meio (n_{meio}), a lei da refração, uma tabela a ser preenchida na realização do experimento **Relação angular entre os raios incidente e refratado** e, por fim, alguns exercícios. Após a leitura e a explicação do material didático, a turma realizou o experimento, utilizando uma caneta laser, um recipiente com água e um transferidor, conforme pode ser visualizado na Figura 3.14. Com os valores dos ângulos do raio incidente, estabelecidos como 30° , 45° e de 60° , os alunos preencheram a tabela com os valores dos ângulos refratados obtidos no experimento.

Sendo fixo o índice de refração ($n_{\text{ar}}=1$), com os valores dos ângulos do raio refratado, os alunos utilizaram a Lei de Snell-Descartes para determinar. Dessa forma, os alunos perceberam que o valor do índice de refração absoluto da água ($n_{\text{água}}$) contida no recipiente para todos os ângulos obtidos, resultava no mesmo valor.

Figura 3.14: Experimento Relação angular entre os raios incidente e refratado



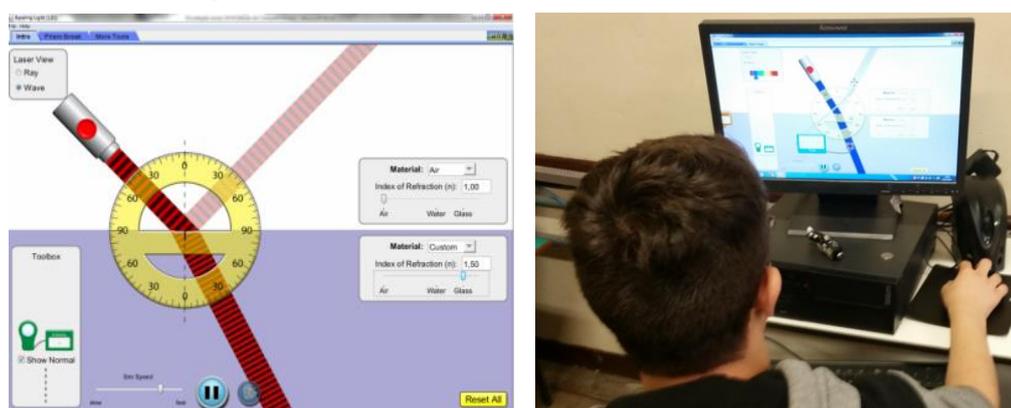
Finalizando a atividade, os alunos resolveram os exercícios sobre o índice de refração absoluto de um meio, relacionando a velocidade da luz em meios de diferentes refingências, conforme ilustrado na Figura 3.15, a seguir. Ao final foi feita a correção juntamente com o esclarecimento de algumas dúvidas expostas pelos alunos.

Figura 3.15: Resolução dos exercícios propostos



Na atividade 9, do dia 08/11 teve-se a questão **Refração - como quebrar um raio retilíneo de luz?** Com o objetivo de analisar a refração, deu-se continuidade ao assunto iniciado na aula anterior, solicitando aos alunos que explorassem detalhadamente o simulador **Dobrando a luz** e suas ferramentas. Na parte superior da tela, o simulador disponibiliza três abas, sendo que a primeira, representada na Figura 3.16, visualiza o comportamento do raio de luz em meios de diferentes refingências. Outras duas abas, mostram os raios de luz sofrendo refração em prismas e ferramentas como réguas e medidores de intensidade do raio de luz.

Figura 3.16: Tela do simulador e aluno manuseando-o.



Com a exploração do simulador, os alunos tiveram a oportunidade de recapitular conceitos já estudados, investigando o comportamento do raio de luz refratado, assim como a velocidade do raio de luz antes e após ter sofrido refração. Após, os alunos receberam uma folha (Apêndice B9) para realizar registro acerca do que compreenderam, a respeito da refração da luz com o auxílio do simulador.

No dia 23/11, a atividade 10 foi realizada com a questão **A luz e a sua reflexão em espelhos planos – Imagens virtuais ou reais?** Nessa atividade, o objetivo foi analisar a lei da reflexão da luz utilizando espelhos planos. A partir desse tema indagou-se a respeito do que seria uma imagem real ou virtual, mantendo propositalmente, a turma com essa curiosidade. A partir disso, iniciamos o experimento mostrado na Figura 3.17, composto de uma fonte luminosa, um anteparo com fendas paralelas e um espelho plano.

Figura 3.17: Reflexão dos raios de luz na superfície de um espelho plano.



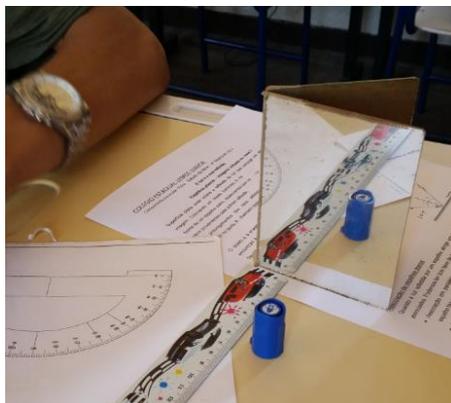
Este experimento propôs aos alunos que analisassem o comportamento dos raios de luz quando incidem na superfície plana do espelho, formando um ângulo de incidência em relação à reta Normal (N), perpendicular à superfície do espelho. Com isso, os alunos puderam perceber que, após a incidência do raio luminoso, ocorreu o fenômeno da reflexão desse raio formando um ângulo de reflexão igual ao de incidência.

Após o experimento, foi entregue a turma o material didático “Reflexão da luz em espelhos planos” (Apêndice B10) para leitura, contendo um texto sobre a formação da imagem de objetos, considerando o prolongamento dos raios refletidos, a Lei da reflexão da luz e a associação paralela e angular entre dois espelhos planos.

Dando sequência à atividade, a turma foi dividida em duplas e cada uma recebeu dois espelhos planos e uma folha (Apêndice B10) contendo três desafios. No primeiro deles, os alunos verificaram a lei da reflexão e as imagens refletidas com a utilização de um espelho, uma régua e um objeto qualquer (uma tampa de

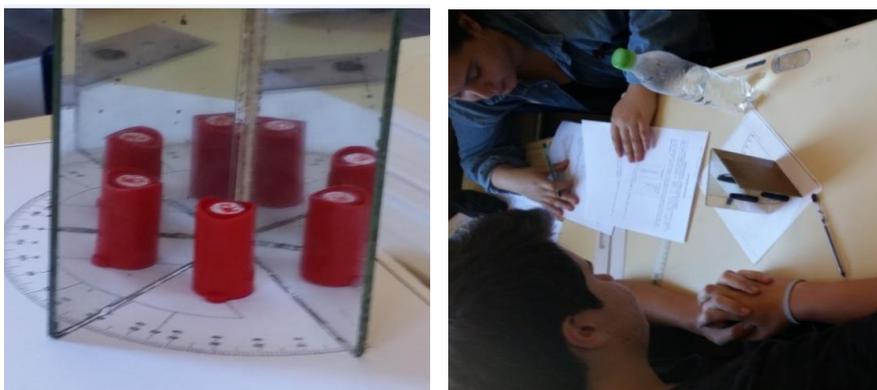
marca texto, borracha ou outro) que foi entregue pelo professor, conforme exhibe a Figura 3.18.

Figura 3.18: Simetria entre imagem e objeto



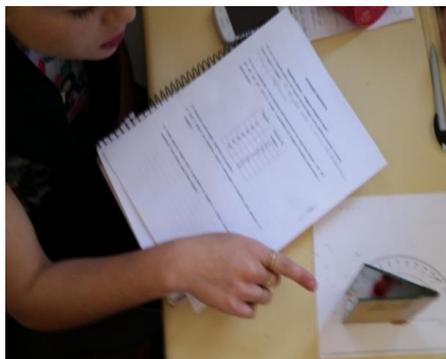
Depois disso, no segundo desafio, com auxílio de um transferidor e dois espelhos planos, os alunos preencheram uma tabela com o número de imagens que se formavam em relação aos ângulos pré-determinados: 0° , 30° , 36° , 45° , 60° , 90° e de 120° . Conforme os alunos modificavam o ângulo formado entre os espelhos, verificavam que o número de imagens formadas também sofria alteração. Essa atividade é exibida na Figura 3.19.

Figura 3.19: Alunos preenchendo a tabela.



Finalizando a atividade, no terceiro desafio, os alunos investigaram qual o ângulo exato formado entre os espelhos planos, necessário para obter-se 14 imagens, como mostra a Figura 3.20. Os alunos perceberam a relação entre o número de imagens formadas e o ângulo entre os espelhos.

Figura 3.20: Aluna investigando o ângulo para obter as 14 imagens e a relação entre o ângulo entre os espelhos e o número de imagens.



Nessa atividade os alunos puderam aprofundar seus conhecimentos a respeito do tema abordado, por meio do texto “Para saber mais” que continha os textos “Fabricação de espelhos” e “A reflexão da luz”, e os filmes de terror exibidos no Apêndice B10. Trata-se de curiosidades e/ou destaques relacionados aos conceitos estudados.

A décima primeira atividade realizada no dia 29/11, teve como questão **Como multiplicar o que enxergamos utilizando um caleidoscópio?** O objetivo dessa atividade foi construir um caleidoscópio para utilizar a reflexão da luz. A aula utilizou a sala de projeção para visualizarem um vídeo¹¹ que explica o que vem a ser um caleidoscópio e a construção do aparato.

Em seguida, a turma foi dividida em duplas para a construção do caleidoscópio, utilizando réguas transparentes em vez de espelhos, em função de ser um material de baixo custo. Cada dupla construiu seu aparato e, após, cada aluno recebeu uma folha (Apêndice B11) para registrar por escrito a experiência e a relevância da construção do caleidoscópio, seu funcionamento explorando à Óptica envolvida e o que aprendeu interagindo com o colega. A construção do caleidoscópio pode ser visualizada na Figura 3.21.

¹¹ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=F5YpCIQpNXQ>

Figura 3.21: Construção do caleidoscópio.



Por fim, houve um momento interativo, em que as duplas trocaram seus caleidoscópios para visualizar os diferentes efeitos visuais. Sendo assim, eles compartilharam seus aparatos, aproveitando a imagem da tela de projeção como fonte de luz para deslumbrar as diversas reflexões das imagens, como pode ser observado na Figura 3.22.

Figura 3.22: Reflexão das imagens pelo caleidoscópio veja pelo aluno.



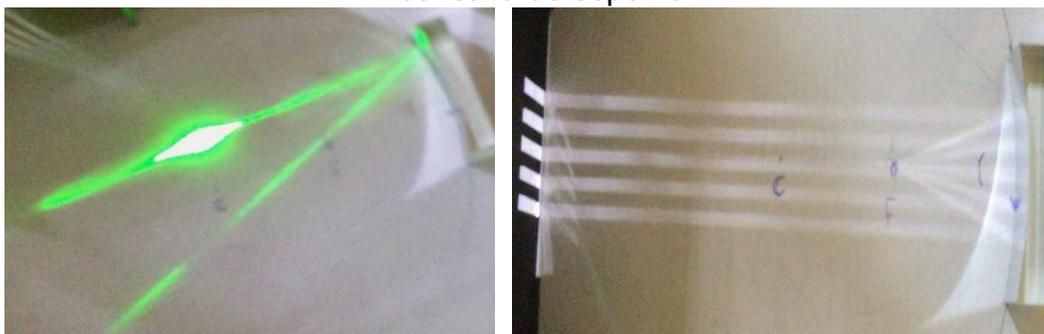
Ao final da atividade, os alunos puderam aprofundar seus conhecimentos, por meio do “Para saber mais”, o qual continha o texto “O funcionamento da fibra óptica” exibido no Apêndice B11. Trata-se de curiosidades e/ou destaques relacionados aos conceitos estudados recentemente.

No dia 30/11, a décima segunda atividade da SEI teve como questão **A luz e a sua reflexão em espelhos esféricos – imagens virtuais ou reais?** Com o objetivo de analisar a lei da reflexão da luz em espelhos esféricos, a atividade teve o mesmo questionamento a respeito da reflexão da luz e o que viria a ser uma imagem virtual e real, mas agora produzida por espelhos esféricos.

Inicialmente os alunos acharam estranho o termo real para imagem, ao invés do virtual, como já foi estudado em espelhos planos. Assim, ao iniciar a atividade, foi demonstrado um experimento para visualizar a reflexão dos raios luminosos passando pelo foco do espelho esférico côncavo. Foi utilizada uma caneta laser, uma fonte de luz (lanterna de celular), um anteparo contendo fendas paralelas e um compasso.

Com auxílio do compasso, foi desenhada em uma folha, a circunferência descrita pela concavidade do espelho, indicando o centro de curvatura (raio de curvatura) e o respectivo foco (distância focal). Utilizando a caneta laser e a lanterna de celular, os alunos visualizaram que após a reflexão do feixe luminoso, o mesmo passa pelo foco do espelho, de acordo com a Figura 3.23.

Figura 3.23: Feixes luminosos passando pelo foco após interceptarem a face côncava do espelho.



Após o experimento, foi entregue aos alunos o material didático **Reflexão da luz em espelhos esféricos** (Apêndice B12), com as características das imagens formadas quando um objeto é colocado diante desse tipo de espelho. Os alunos puderam observar que, de acordo com a posição do objeto em relação ao espelho, a imagem apresentava características distintas referentes ao tamanho, à inversão e a posição em relação ao espelho. Após os alunos registrarem suas observações, debateram sobre a utilização dos espelhos esféricos e as características das imagens de acordo com o parâmetro objeto/espelho. Por fim, houve o momento “Para saber mais”, com o texto “Construindo um forno solar com espelhos”, exibido no Apêndice B12.

Para finalizarmos o produto educacional, a aula do dia 06/12 foi dedicada ao encerramento da SEI. Para isso, os alunos receberam uma folha com a questão

problematizadora **Feedback: Como percebo a Óptica no cotidiano?** Com o objetivo de sistematizar coletivamente o conhecimento produzido, os alunos responderam quatro perguntas. Cada pergunta contemplava a realização dos registros escritos na aula de Física, como a SEI auxiliou no aprendizado, o trabalho em grupo e a relação do conteúdo abordado nas atividades com o cotidiano.

Após os registros dos alunos, foi montada uma roda de conversa, onde os alunos puderam socializar seus registros e falar da experiência de ter participado das atividades. Entendemos esse momento como sendo um espaço, conforme sugere Carvalho (2013), para sistematização coletiva do conhecimento.

Ao ouvir o outro, os alunos não só lembraram o que fizeram como também colaboraram na construção do conhecimento que estava sendo sistematizado, levando-os a tomarem consciência de suas ações. No decorrer disso, os alunos foram questionados sobre os aspectos relevantes dos nossos encontros, as dificuldades encontradas, entre outros assuntos, o que possibilitou fazermos um *feedback* da maneira como foram abordadas as aulas de Física e o conteúdo de Óptica Geométrica.

3.4 Instrumentos de produção das informações a serem analisadas

Com o desenvolvimento da SEI foram produzidas algumas informações discursivas que serviram para compor o *corpus* da análise das discussões e reflexões. Os instrumentos utilizados foram: registros escritos, transcrições das gravações em áudio realizadas nas aulas e entrevista ao final da SEI.

No que se refere aos registros escritos, foram consideradas as escritas produzidas pelos alunos em relação às questões propostas nas aulas. Essas se encontram em cada um dos apêndices ao final desse trabalho. Por exemplo, na atividade 6 foi solicitado: 1) relate o processo de construção da câmera escura; 2) Descreva o que você aprendeu de Física com essa atividade (Apêndice B6).

Em relação a entrevista, esta foi realizada individualmente no decorrer de dois períodos, no espaço escolar, no dia 07/12/2017. A mesma foi estruturada por meio de quatro perguntas orientadoras:

- O que você achou de realizar os registros escritos na aula de Física?
- A sequência de atividades auxiliou você no aprendizado da disciplina?
Explique de que forma.

- Que aspectos você pode citar como sendo relevantes nas atividades realizadas em grupos?
- Como você relaciona o conteúdo de Óptica abordado nas atividades na aula de Física com o seu cotidiano?

De posse das informações discursivas, será feita no próximo capítulo a análise das discussões e reflexões por atividade.

Capítulo 4

Discussões e reflexões do produto educacional: Percebendo a Óptica no Cotidiano

Neste capítulo serão apresentados os resultados e reflexões, por atividade, do produto educacional “Percebendo a Óptica no Cotidiano”. Serão relacionadas as questões problematizadoras que compuseram cada atividade com o que foi desenvolvido em sala de aula, fragmentos escritos dos alunos e alguns autores.

4.1 “Cada cor têm sua característica própria”: minhas concepções

Na primeira atividade, por meio da questão problematizadora, **Minhas concepções: o que entendo sobre Óptica Geométrica?** que foi escrita no quadro, a turma refletiu sobre suas concepções cotidianas. Carvalho (2013) menciona que a prática de iniciar a aula por uma questão problema introduz os alunos no tópico desejado, oferecendo condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno de um conteúdo.

Ao exporem suas reflexões, os alunos associaram a palavra “Óptica” com visão, óculos, luz, Sol, energia, cores e arco-íris. Em relação ao termo “Geométrica”, alguns alunos relacionaram-no com a matemática para calcular e obter resultados. Nesse sentido, Carvalho (2013) reforça a importância do professor ao iniciar uma aula, sempre procurar saber o que os alunos já conhecem do tema a ser estudado.

Após essa conversa inicial, os alunos responderam o questionário investigativo: **Minhas concepções: um olhar sobre o assunto.** Na primeira questão, ao definirem o que é a luz, a maioria teve a concepção de que ela pode ser considerada como uma forma de energia. Porém, outros alunos a consideravam um

fenômeno de percepção associada à visão, como por exemplo, a aluna Magali ao salientar que *“luz é a capacidade de enxergar permitindo a visão dos objetos”*.

Na sequência, o questionário ainda investigou as concepções que os alunos trazem do cotidiano acerca dos fenômenos da luz, e o fenômeno de reflexão citado por alguns alunos, quando questionados, por que ao entrar em uma sala completamente escura, precisamos de luz para conseguir enxergar. Ao ser questionado, o aluno Cebolinha mencionou *“por que a luz não reflete nos objetos, assim nos impedindo de enxergar as cores”*.

Com relação às cores dos objetos, a maioria dos alunos disse que são percebidas devido à reflexão, e que a mistura das cores resultavam em outras. Quando os alunos foram questionados como poderiam explicar as diferentes cores que percebemos dos objetos, a aluna Dorinha mencionou que *“cada cor têm sua característica própria”*. Essa aluna, assim como os demais, desconhecia que a luz visível apresenta-se em diferentes cores, e que cada cor corresponde uma onda eletromagnética com frequência e comprimento de onda específicos.

Referente à última questão, sobre a preferência por cores branca ou preta de camiseta, para fazer uma caminhada à beira-mar, todos os alunos fizeram sua escolha pela cor branca. A aluna Rosa Maria mencionou que *“por se tratar de uma situação do meu dia a dia, eu escolheria a camiseta branca, por ouvir desde quando era criança que roupas de cor preta ficam muito quentes com mais facilidade”*. Outra aluna, Xabéu, justificou que *“escolheria a branca, pois a preta absorve maior quantidade de calor/energia emitida através dos raios solares, dando a sensação de mais calor”*.

Dessa forma, a questão problematizadora mostrou-se eficaz para o início da atividade, introduzindo a turma no assunto a ser estudado, assim como o questionário, que destacou a etapa do registro por escrito dos alunos, sistematizando seus conhecimentos espontâneos.

4.2 “A fibra Óptica é exemplo dessas tecnologias que estão nos cabos de rede”: a ciência no cotidiano

Na atividade 2, a turma teve a questão problematizadora **A Física e o Cotidiano: como a ciência pode mudar a maneira de ver o mundo?** Com esse questionamento feito no início da aula, alguns alunos fizeram oralmente associações

gerais com os avanços tecnológicos e reconheceram a importância da Física no cotidiano. O aluno Chico Bento salienta numa gravação de áudio que *“a fibra Óptica é exemplo dessas tecnologias que estão nos cabos de rede”*. Percebi que esse aluno citou um exemplo cotidiano na tentativa de responder a questão problematizada, contextualizando o estudo da Óptica Geométrica.

O termo fibra Óptica, presente nos cabos de rede para intensificar o sinal, remete a analogia feita pelo aluno, assim, expliquei que ele estava correto em trazer essa indagação para a turma. Após isso, os alunos perceberam que a Óptica deveria estar presente em seus questionamentos, o que me fez repensar minha pergunta, substituindo o termo ciência por Óptica. Sendo assim, para a reaplicação do produto, foi feita a correção do termo na questão problema, evitando compreensões além do tema abordado.

Retomando a abordagem feita pelo aluno, a turma mostrou-se curiosa em saber mais sobre o assunto, foi então que foi utilizado o vídeo **A Física e o Cotidiano** como ferramenta metodológica. Conforme afirma Moran (1995), o vídeo está umbilicalmente ligado à televisão e a um contexto de lazer e entretenimento, que passa imperceptivelmente para a sala de aula. Desse modo, o professor deve deixar claro aos alunos que o vídeo não significa descanso e, também, estabelecer pontes entre o uso do vídeo e as dinâmicas da aula.

Após a visualização do vídeo, os alunos responderam algumas questões. A primeira questão, que abordava o conceito de um corpo luminoso e iluminado, mostrou que a maioria dos alunos identificou a emissão de luz própria para o corpo luminoso e, para o corpo iluminado, a reflexão da luz proveniente de uma fonte. A aluna Mônica registou que *“corpo luminoso é o que emite luz como exemplo o Sol e corpo iluminado é iluminado pelo corpo luminoso como exemplo a lua”*.

No que diz respeito à segunda questão sobre o conceito de luz, algumas palavras apareceram na maioria dos registros escritos pelos alunos, que anteriormente não estava presente: partícula, energia, feixe e ondas.

O aluno Rodolfo escreveu que *“Luz são partículas de energia em forma de feixes ou ondas eletromagnéticas”*, enquanto que o aluno Timóteo, colocou que *“a luz são ondas e matéria que viajam numa velocidade muito grande”*. Sugeriu-se a substituição da palavra matéria utilizada pelo aluno Timóteo pela palavra partículas. O principal dessa afirmação é que um novo conhecimento de que a luz pode ser

representada não somente por uma onda eletromagnética foi potencializado, pois o aluno percebeu a dualidade da luz.

A aluna Magali definiu *“luz são ondas eletromagnéticas que são compostas por todas as cores”*, definição esta, que ela alterou em relação a resposta para esta pergunta feita na atividade anterior. Segundo Vigotski (2009), o pensamento conceitual é uma conquista que depende não somente do esforço individual, mas do contexto em que o indivíduo se insere. Sendo assim, o ensino escolar desempenha um papel importante na formação dos conceitos científicos. Verifica-se que os alunos se apropriaram de uma linguagem mais científica, por meio do ensino sistemático, afastando-se mais dos conceitos espontâneos e empíricos.

Ainda, segundo Vigotski, o meio tem que ser desafiador. Assim, quando exigimos, estamos estimulando o intelecto dos alunos a conquistarem estágios mais elevados de raciocínio. Quando os alunos foram questionados sobre o que é um espectro eletromagnético e qual a relação entre frequência e comprimento de onda com as cores dos objetos, o aluno Timóteo ressaltou: *“É o que organiza frequências e o comprimento de onda e a frequência é o que fazem as cores serem diferentes”*. O aluno Cebolinha colocou que *“É o lugar onde podemos organizar ondas magnéticas por nível de energia e cada cor tem uma frequência e conseqüentemente um comprimento de onda diferente”*. Foi corrigido o termo “ondas magnéticas” explicando-se para o aluno Cebolinha que o correto seria ondas eletromagnéticas, que essas ondas se propagam em dois campos variáveis: um elétrico e outro magnético. E que, ao contrário das ondas mecânicas, as ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo.

Ressalta-se que os demais alunos tiveram seus entendimentos na mesma perspectiva, tentando ressaltar termos mais científicos, antes não utilizados, como citado pela aluna Mônica ao dizer que *“espectro eletromagnético é os raios que podemos enxergar e os raios que não podemos enxergar e que cada cor possui uma frequência própria”*. A aluna utilizou de forma singela a palavra frequência, para explicar as diferentes cores no espectro de luz visível, mas não citou o comprimento de onda abordado no vídeo.

A aluna Magali salientou que espectro eletromagnético *“é a organização de todas as ondas que se propagam no ambiente que não é visível ao olho humano e a partir da frequência e do comprimento de onda veremos a intensidade e a variação de energia e das cores dos objetos”*. A aluna descreveu que as ondas estão

organizadas de acordo com a intensidade de energia, conforme a frequência e comprimento de onda que cada onda eletromagnética apresenta.

Frente a isso, a escola na perspectiva vigotskiana, propicia às crianças um conhecimento sistemático sobre aspectos que não estão associados ao seu campo de visão ou vivência direta, como é o caso dos conceitos espontâneos e empíricos.

Sendo assim, percebe-se que o vídeo propiciou aos alunos melhor entendimento dos fenômenos físicos da natureza da luz, da reflexão e das cores dos objetos (mencionadas nos conceitos espontâneos na atividade anterior), na propagação dos raios luminosos, na definição corpuscular da luz como onda e partícula, (até então desconhecida pela turma, conforme registrado pelos alunos Rodolfo e Timóteo). Quanto à importância do registro por escrito, Carvalho (2013) destaca que a etapa do escrever é essencial para a sistematização individual do conhecimento, registrando o que aprenderam durante a aula.

4.3 “As cores luz apresentam resultados diferentes de cores com pigmentos”: Mistura de cores

Na terceira atividade a turma teve como questão problematizadora, **A luz tem cor?** Os alunos identificaram que ao misturar tintas de diferentes cores resultariam em outras, mas quando fora perguntada sobre a mistura de luzes de diferentes cores, a turma respondeu oralmente que daria o mesmo resultado.

Assim, após essas afirmações dos alunos na conversa inicial, perguntou-se novamente a questão: A luz tem cor? Com isso, os alunos receberam a folha da atividade proposta, contendo dois experimentos para seus registros e, por fim, uma pergunta referente à mistura de cores utilizando filtros e pigmentos para averiguar suas afirmações iniciais. No primeiro experimento, **Composição da luz em cores**, em que sobrepueram de duas a duas as três lanternas com filtros nas cores azul, verde e vermelha e, posteriormente, as três cores de luz ao mesmo tempo, os alunos registraram na folha da atividade os resultados observados.

A aluna Maria Cascuda registrou que *“percebi que com a união de duas cores no final dá a criação de outra cor e a união das três acaba na luz branca”*. A aluna Dorinha salientou que *“a mistura entre vermelho, azul e verde dá na cor branca que é a mistura de todas as cores primárias”*. O aluno Chico Bento registrou que *“as três juntas ficam branca, pois são cores primárias”*.

O termo “cores primárias”, presente nos registros dos alunos Dorinha e Chico Bento, despertou a atenção por ter sido mal empregado por eles. Não ficaram claramente expressas quais cores primárias que os alunos estavam se referindo, se era a cor primária dos pigmentos ou a da luz. Então, no segundo experimento **Misturando os pigmentos de cores**, cada aluno individualmente preencheu a tabela com o que pensavam inicialmente, antes da mistura dos pigmentos, e posteriormente, visualizavam o resultando após efetuarem as misturas. A tabela pode ser visualizada na Figura 4.1.

Figura 4.1: Tabela do experimento Misturando os pigmentos de cores

2. Neste experimento "Misturando os pigmentos de cores", preencha a tabela abaixo:

CORES	O QUE VOCE ACHA?	RESULTADO
VERMELHO + AMARELO	laranja	
AMARELO + AZUL	verde	
PRETO + BRANCO	cinza	
VERMELHO + AZUL	roxo/roxo	
BRANCO + VERMELHO	vermelho	
VERMELHO + VERDE	amarelo	

Propositalmente, após o preenchimento da tabela, os alunos perceberam que a mistura dos pigmentos da cor vermelha e verde, produzia resultado diferente da sobreposição da luz vermelha com a luz verde. Diante disso, os alunos responderam a pergunta referente à mistura de cores utilizando filtros e pigmentos para averiguar suas afirmações iniciais. A aluna Franjinha salientou que “as cores luz apresentam resultados diferentes de cores com pigmentos”, enquanto o aluno Cascão registrou “as cores com filtro e as cores com pigmentos, elas tem resultados diferentes mesmo se misturarem as mesmas cores”.

Retomando o registro dos alunos, referente ao termo cores primárias, o aluno Chico Bento mostrou-se surpreso com o resultado obtido entre os dois experimentos e registou que “é bem interessante, me surpreendeu, cores misturadas com diferentes resultados”. Já a aluna Dorinha concluiu que “então cada cor fica diferente conforme a quantidade de cor misturada e na luz a mistura entre vermelho azul e verde que dá o branco é a mistura das primárias”. Então, ao final da atividade, os alunos entenderam que as cores primárias dos pigmentos, diferem das cores primárias da luz.

A partir dessas compreensões, na reaplicação do produto que está sendo feito em outra turma, complementou-se a atividade acrescentando as questões: Após suas observações, você percebeu alguma diferença entre as cores primárias de luz e as cores primárias dos pigmentos? Caso exista alguma diferença, explique sua observação. O objetivo de acrescentar essas duas questões é fazer com que os alunos refletissem sobre a diferença entre as cores primárias.

Resumindo a discussão da atividade que foi desenvolvida, ao analisar a escrita dos alunos, percebeu-se que os experimentos contribuíram para mostrar a diferença entre as misturas de cores e a mesma combinação das cores em pigmentos. Também percebeu-se que foram necessárias modificações para contribuir no entendimento dos alunos, principalmente no que diz respeito à diferença entre as cores primárias.

4.4 “Observei que a luz apesar de ser onda é formada por partículas”: explorando o simulador

Na quarta atividade, a turma teve como questão problematizadora **Como a visão de cor funciona?** Como o objetivo da atividade foi de observar sobre a percepção de cores, alguns alunos questionaram se poderiam associar essa questão problematizadora com a atividade passada, por tratar das cores. Além da resposta positiva foi proposta uma revisão dos conceitos estudados anteriormente. Para isso, a proposta da aula foi utilizar o simulador **“Visão de cor”**, e numa conversa inicial, alguns alunos disseram que nunca tinham utilizado um simulador na aula de Física.

Individualmente, os alunos exploraram o simulador por alguns minutos, e quando receberam a folha da atividade contendo três perguntas, cada aluno registrou suas observações. A primeira pergunta referia-se ao que os alunos observaram com as lâmpadas RGB, ao variar as suas intensidades. A aluna Franjinha salientou que *“as cores variam de acordo com suas variações de intensidade”*, e a aluna Maria Cascuda registrou *“observei uma infinidade de combinações de cores utilizando apenas três cores primárias vermelho, verde e azul”*.

Além dessas observações, alguns alunos ainda escreveram que a sobreposição das três lâmpadas com intensidades iguais, ocasionava na cor branca,

resultado esse semelhante ao da atividade passada. Por exemplo, a aluna Rosa Maria salientou *“que as cores todas as três juntas e iguais dão origem a cor branca e caso contrário, uma ou duas cores com tons mais claros se torna outra”*. A Figura 4.2 ilustra a observação da aluna com as três lâmpadas sobrepostas.

Figura 4.2: Observação da aluna com as lâmpadas RGB sobrepostas



Assim, os alunos observaram que a sobreposição das cores primárias de luz RGB com diferentes intensidades, obtêm-se diversas outras cores, mas quando a intensidade das três são as mesmas, o resultado é a luz branca. Essa observação feita pelos alunos tornou-se possível, pois, segundo Coelho (2002), nas simulações interativas, o aluno pode variar os parâmetros da simulação, explorando a situação física estudada, verificando inferências das alterações feitas no comportamento do fenômeno estudado. Sendo assim, a facilidade do manuseio do simulador e interação na modificação constante das intensidades de luz, feita por eles, possibilitaram a percepção de como a visão de cor funciona com as três lâmpadas RGB, ao variar suas intensidades.

A segunda pergunta foi referente à aba do simulador denominada “Uma lâmpada” para que os alunos descrevessem o que observaram ao utilizar os dois tipos de lâmpada (branca e monocromática) em conjunto com o filtro. O aluno Cascão escreveu *“a lâmpada branca é o conjunto de todas as cores, logo, utilizamos o filtro para escolhermos a cor que queremos. A lâmpada monocromática só tem uma cor, ou seja, só ira passar pelo filtro se ambas tiverem a mesma cor”*. A Figura 4.3 ilustra o aluno registrando sua observação, utilizando a luz de cor branca com o filtro de cor.

Figura 4.3: Utilização da luz branca em conjunto com filtro de cor



A terceira pergunta, buscou identificar que outros aspectos os alunos observaram no simulador. De forma geral, os alunos ao explorarem o simulador, perceberam que poderiam modificar além da intensidade de luz e cores, a forma como a luz poderia ser representada. O simulador disponibilizava a alternativa de representar a luz em forma de “bolinhas”, ou seja, uma referência a partículas. A aluna Magali escreveu *“observei que a luz apesar de ser onda é formada por partículas”*.

Ao conversar com a turma, foi ressaltado que a luz tem o comportamento dual, conforme visto na atividade 2, no vídeo “A Física e o Cotidiano”. De acordo com Menezes et al. (2010, p. 85), “podemos expressar essa dualidade dizendo que a luz se propaga como onda e interage com a matéria como partícula. Uma partícula de luz é denominada fóton”.

A partir das observações escritas pelos alunos, pode-se perceber que é possível estudar os fenômenos e o comportamento da luz de uma maneira agradável utilizando um simulador. O envolvimento dos alunos propiciou que revisassem os conceitos abordados anteriormente e efetuassem registros escritos sobre suas observações ao utilizarem o simulador na aula de Física.

Ressalta-se que o uso de simuladores deve ser planejado, com o intuito de proporcionar um ambiente de interação entre professor e aluno e melhorando o processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, as simulações dos fenômenos estudados servem como um recurso para o professor, e nunca como uma substituição de uma aula experimental.

4.5 “O prisma consegue decompor a luz branca em 7 cores da mesma maneira que acontece com o arco-íris”: produzindo arco-íris

Na atividade cinco, a turma teve a questão problematizadora **Composição e decomposição da luz: como produzir arco-íris?** Com o objetivo de analisar a composição e a decomposição da luz branca, a atividade foi organizada em quatro momentos em uma única aula: a leitura de um texto didático, a construção do disco de Newton, a utilização de um prisma de acrílico e, por fim, o registro das conclusões a respeito do estudo realizado com os experimentos.

No primeiro momento, foi entregue aos alunos o texto didático: “O experimento crucial de Newton sobre a decomposição da luz”. Após a leitura desenvolveu-se um diálogo com a turma sobre um novo fenômeno a ser estudado, a refração da luz.

Então, foi mostrado um CD, perguntando à turma qual o motivo do aparecimento das diversas cores. O aluno Cebolinha, em uma gravação em áudio, disse “*porque a luz vem como junção das cores aí ele divide e organiza como se fosse um espectro*”. Na sequência foi explicado para a turma, o termo “decomposição da luz”, que compunha o título do texto didático já entregue.

Sendo assim, foi comentado para a turma que faríamos o processo contrário da decomposição da luz, e íamos construir algo para tal efeito. Com isso, a aluna Xabéu questionou em áudio “*pelo fato da luz branca formar todas as cores vamos fazer a composição? Como?*” Expliquei que faríamos através da construção do disco de Newton.

Após cada aluno receber a folha com o desenho do disco a ser pintado, e um palito preso a um pedaço de cortiça a ser fixado no centro, os alunos perceberam o fenômeno da composição das cores (pigmento) na cor branca. No terceiro momento, cada aluno utilizou um prisma a ser exposto na luz da lanterna do celular, a fim de observar o fenômeno da decomposição da luz branca, nas cores do arco-íris. Após os experimentos, cada aluno recebeu uma folha contendo duas perguntas para registrar suas observações.

A primeira pergunta referiu-se a observação que ocorreria ao expor o prisma na luz branca, além de solicitar qual a relação do prisma com o arco-íris. O aluno Timóteo ao colocar o prisma exposto na luz do celular, conforme a Figura 4.4,

escreveu em sua observação que “*o prisma decompõe a luz branca transformando-a em cores do arco-íris*”.

Figura 4.4: observação do fenômeno da refração



O aluno Rodolfo, escreveu que “*O prisma consegue decompor a luz branca em 7 cores da mesma maneira que acontece com o arco-íris, na decomposição da luz solar no céu*”. A aluna Magali escreveu “*o arco-íris é a decomposição da luz branco do sol*”. Foi explicada a turma que, quando a luz atravessa meios de diferentes densidades, observamos a decomposição da luz em diferentes frequências de cores, relacionando com a formação de um arco-íris. O mesmo ocorre nas gotículas de água presente na atmosfera, como se fossem pequenos prismas.

Na segunda pergunta, os alunos registraram suas conclusões a respeito do estudo realizado sobre a composição e a decomposição da luz, fazendo uma relação com as atividades anteriores, sendo elas, a mistura de cores utilizando filtros de cor e com pigmentos.

O aluno Cebolinha salientou “*a luz branca é feita de todas as cores e ao girar o disco de Newton podemos fazer o processo reverso (composição) e assim forma a cor branca*”. O aluno Timóteo registrou que “*A luz branca é o conjunto de todas as cores, porem ela pode ser organizada em um espectro de cores distintas, tais como o verde, vermelho amarelo que são as cores primárias de pigmentos*”.

A aluna Franjinha escreveu em sua conclusão que “*Podemos concluir que há diferença entre cores luz e pigmento, entendemos como funciona a decomposição da luz através do prisma e como as cores se compõem. A luz branca é composta por todas as cores e foi possível perceber isso através do experimento*”.

O aluno Rodolfo concluiu que *“A luz branca pode ser dissipada em qualquer cor, e é composta por 3 cores primárias diferente dos pigmentos. Porém nos só enxergamos o que é refletido por exemplo, um objeto vermelho só reflete a cor vermelha, mesmo sendo uma luz branca que esteja chegando e o resto será absorvida como mostrado na atividade com os filtros”*.

Frente a essas observações, pode-se observar que houve um entendimento dos fenômenos estudados pelos alunos. Isso aconteceu, devido ao envolvimento e a participação ativa deles, na construção do experimento disco de Newton e também no manuseio do prisma. Com isso, a atividade auxiliou no processo de aprendizagem dos alunos, proporcionando a eles, a construção do conhecimento científico.

4.6 “Aprendi que o mesmo efeito que acontece na câmara escura é o mesmo em nossos olhos”: Virando o mundo de cabeça para baixo

Com a atividade seis, a turma teve a questão problematizadora **Como a Óptica Geométrica pode virar o mundo de cabeça para baixo?** Inicialmente, a turma ficou pensativa e apreensiva, ao tentar responder a questão. Foi perguntada a turma se eles gostariam de fazer uma pesquisa a respeito do questionamento, uma vez que a sala de aula disponibilizava de computadores com acesso a internet.

Sendo assim, cada aluno fez sua pesquisa e conforme salienta Valente (1999), se o educador dispuser dos recursos da Informática, terá mais chance de entender os processos mentais, os conceitos e as estratégias utilizadas pelo aluno e, com isso, poderá intervir e colaborar na construção do conhecimento. Assim sendo, os alunos foram orientados a pesquisarem qual a relação entre um objeto qualquer e a formação da sua imagem. Alguns encontraram em suas pesquisas que tal fenômeno acontecera em uma câmara escura de orifício.

Depois de feita a pesquisa, os alunos registraram individualmente suas observações sobre o assunto. A aluna Franjinha escreveu *“podemos ver como funciona a projeção criada a partir dos raios de luz propagados de forma retilínea que visualizamos ao contrário e também aprendemos as relações da distância dos objetos e o tamanho das imagens”*.

O aluno Cascão registrou que *“Aprendi com essa atividade alguns conceitos de Óptica, pois vi que quando a luz chega no orifício da câmara escura, ela se cruza*

fazendo com que ela fique pequena e invertida dentro da caixa". Foi conversado com o aluno Cascão que ele poderia ter acrescentado a palavra "imagem", pois esta é que fica pequena e invertida dentro da caixa e não a luz, assim sua explicação seria mais correta.

O aluno Rodolfo escreveu que *"Aprendi as relações de distância entre objetos e imagens utilizando feixes de luz retilíneos"*. A aluna Maria Cascuda descreveu que *"quando apontamos a câmara em direção a um objeto conseguimos a imagem desse objeto sempre de tamanho menor e com sua posição de cabeça para baixo. A imagem fica de tamanho menor porque a posição do objeto faz com que os raios de luz se cruzem e a imagem fica bem menor e de cabeça para baixo"*.

Alguns comentários chamaram atenção, sendo um deles do aluno Timóteo. Ele tentou explicar a relação geométrica entre o tamanho do objeto e da imagem, com as respectivas distâncias da profundidade da câmara e do objeto até o orifício. Esse aluno registrou *"Aprendi que os raios luminosos se propagam em linha reta, sendo a projeção que vemos invertida. Aprendi também que se tu souber a distância que o objeto está da câmara e a relação com a distância do orifício até o anteparo, tu consegue saber o tamanho do objeto"*.

Este aluno ao entregar seu registro, questionou se realmente seria possível calcular a altura do prédio em frente à escola. Foi respondido ao aluno que seria possível e que faríamos esse teste, porém, teríamos que aguardar a aula em que seria construída a câmara escura de orifício.

Outro comentário que despertou atenção foi do aluno Chico Bento. Este aluno após sua pesquisa escreveu *"Aprendi que o mesmo efeito que acontece na câmara escura é o mesmo em nossos olhos e que devido o percurso retilíneo da luz ao passar pelo orifício a imagem fica ao contrário. E pela distância entre o orifício e o fundo da caixa ser pequena a imagem fica menor"*.

De fato, quando a pesquisa tem um objetivo claro em responder uma questão problematizadora, Carvalho (2013), menciona que a SEI proporciona aos alunos ideias próprias e de poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico. A partir dessas compreensões e dos registros dos demais alunos, pode-se perceber que após a turma concluir a pesquisa, os alunos compreenderam o funcionamento da câmara escura de orifício, assim como, sua aplicação no cotidiano, seja de forma análoga com o globo ocular ou para obter medida de altura.

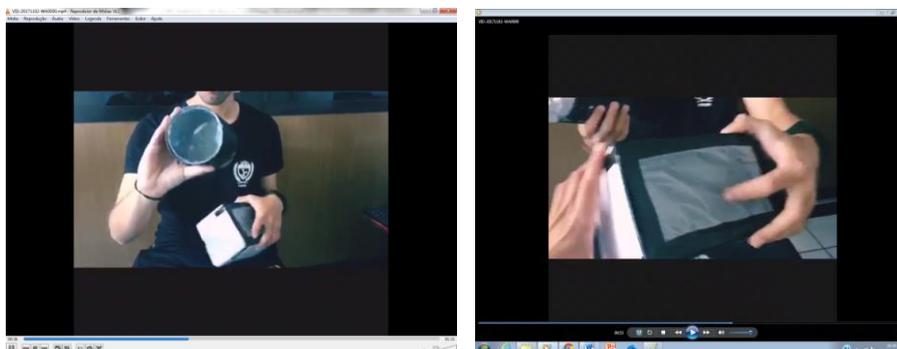
4.7 “A Óptica está em tudo”: Interlocução entre teoria e prática

A atividade sete contemplou a questão problematizadora **Interlocução entre teoria e prática. O que aprendi sobre a câmara escura de orifício?** A turma foi dividida em quatro grupos, com objetivo da construção da câmara escura e produção de um vídeo didático. Segundo Moran (2007), as tecnologias são diferentes formas de representação da realidade, de forma mais abstrata ou concreta, mais estática ou dinâmica, mas, todas elas, quando combinadas e integradas, possibilitam uma melhor apreensão da realidade e o desenvolvimento de todas as potencialidades do aluno.

Dessa forma, a interlocução entre a teoria pesquisada no tópico anterior, e a construção e aplicação da câmara escura, contempla a potencialidade dos alunos reforçando o que eles aprenderam. O primeiro grupo foi formado com os alunos Cebolinha, Chico Bento e Timóteo. O segundo grupo foi composto pelos alunos Mônica, Magali e Dorinha. O terceiro grupo com os alunos Cascão, Maria Cascuda e Rosa Maria, e a formação do quarto grupo, com os alunos Rodolfo, Franjinha e Xabéu.

O primeiro grupo registrou sua gravação em vídeo, as etapas de montagem da câmara escura com os materiais necessários, a explicação da inversão da imagem e os conceitos matemáticos contidos na relação objeto e imagem formada no anteparo de papel vegetal. A representação do registro efetuado pelo grupo está ilustrada na Figura 4.5.

Figura 4.5: Reprodução do vídeo do primeiro grupo



O aluno Cebolinha explicou que “*é pela distância entre o objeto, o orifício e o fundo da caixa que tem que ser translucido então usamos papel vegetal que se*

forma a imagem menor” e o aluno Chico Bento no decorrer da gravação salientou “e que precisa de claridade para observar suas formas, pois como a câmara escura, são nossos olhos”.

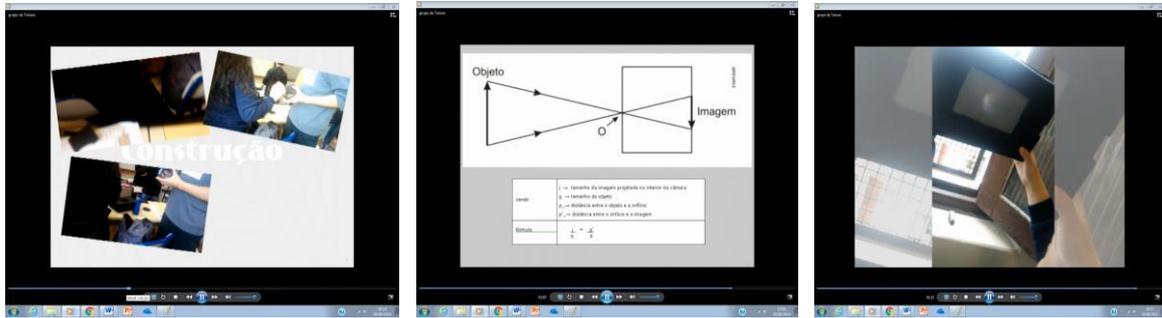
Na explicação do aluno Cebolinha, ele fez uma relação da inversão da imagem e os conceitos matemáticos contidos, assim como, o meio translúcido para permitir a propagação da luz através deste meio. O aluno Chico Bento, exemplificou a câmara escura relacionando-a com o globo ocular e o aluno Timóteo comentou que *“podemos achar a altura do prédio do outro lado da rua da escola é só saber as medidas”*. A Figura 4.6 ilustra o aluno na tentativa de focar o prédio de quatro andares.

Figura 4.6: Explicação do grupo para a inversão da imagem projetada.



Os demais grupos, de forma análoga, organizaram seus vídeos, contemplando os materiais utilizados, as etapas de construção da câmara escura, a explicação da inversão da imagem, a relação matemática envolvida, assim como, a utilização da câmara escura de orifício. Com isso, cada grupo demonstrou a tentativa de calcular a altura do prédio frente à escola, a partir das dimensões da imagem projetada no papel vegetal e da câmara escura. A Figura 4.7 ilustra a organização das etapas de construção do vídeo elaborado pelo segundo grupo.

Figura 4.7: Construção do vídeo do segundo grupo



Ao assistir os vídeos, foi observado que a maioria dos grupos se empenharam na produção das cenas, e que expressaram a criatividade, a imaginação e o poder de convencimento. Além disso, notou-se que estavam presentes no diálogo dos alunos, o conceito da propagação retilínea dos raios luminosos, assim como, os materiais que permitem a passagem da luz mais facilmente que os outros pesquisados na atividade do tópico anterior.

Percebeu-se também, que de forma organizada, cada vídeo contemplou as etapas de montagem com os materiais necessários, a explicação da inversão da imagem projetada no anteparo e as características da imagem obtida em comparação com as dimensões reais do objeto utilizado no experimento. Dessa forma, o tema da questão problematizadora teve uma recepção positiva, o que ocasionou o entusiasmo dos grupos na construção da câmara escura de orifício, assim como, na discussão dos fenômenos físicos presentes nas cenas. Com isso pôde-se observar a apropriação e o conhecimento dos conceitos do conteúdo estudado.

4.8 “Se não fosse água doce o resultado do ângulo é diferente”: A luz e sua refração

A atividade oito foi composta pela questão problematizadora **A luz e a sua refração: será ilusão de Óptica?** O objetivo da atividade foi verificar o fenômeno da refração associado à propagação retilínea da luz e sua velocidade. A aula teve início com a demonstração do fenômeno da refração, utilizando a caneta laser, um pedaço de acrílico e um recipiente com água. A turma foi questionada referente ao experimento, e se o que estavam observando, seria ou não ilusão de Óptica.

Frente a isso, a aluna Xabéu questionou numa gravação em áudio “é o que aconteceu com aquele prisma na luz do celular”. Respondi que o fenômeno demonstrado é o mesmo, mas que agora estava sendo utilizado um raio de luz monocromático na cor verde. Após o comentário da aluna Xabéu, os alunos relembrou o experimento feito utilizando o prisma.

Com isso, após a explicação do fenômeno da refração, através do material didático, contendo a explicação do fenômeno, que disponibilizei para a turma, os alunos realizaram o experimento **Relação angular entre os raios incidente e refratado**. Então, a turma foi desafiada a calcular o valor do índice de refração da água com o experimento. Sendo assim, cada aluno recebeu uma folha contendo uma tabela a ser preenchida e alguns exercícios. No preenchimento da tabela, a turma foi verificando que a variação do ângulo de incidência resultava em um ângulo de refração.

O aluno Rodolfo questionou “se não fosse água doce o resultado do ângulo é diferente”. Diante disso, a atuação do professor como orientador e mediador das atividades experimentais inclui: lançar ou fazer emergir do grupo uma questão-problema; motivar e observar continuamente as reações dos alunos, propiciando orientações quando necessário (BATISTA, 2009).

Foi explicada à turma que ao modificar a densidade da água, estamos modificando seu índice de refração. Segundo Menezes et al. (2010, p 92) “um meio é dito mais refringente quando apresenta índice de refração maior, e menos refringente quando apresenta índice de refração menor”.

No término do experimento, a turma resolveu os exercícios e, durante a correção, questionei a turma se poderiam citar exemplos onde podemos verificar o fenômeno da refração. A turma respondeu oralmente que em aquários, onde o peixe parece estar em uma posição, e em piscinas, quando observamos nossos pés no fundo.

Após a experimentação, percebi que o resultado obtido do valor do índice de refração da água, obtido pelos alunos foi correto, pois eles observaram que o valor encontrado para o índice de refração era constante. Sendo assim, os dados obtidos com o experimento, permitiu destacar a importância da atividade experimental nas aulas de Física e a aplicação do fenômeno da refração.

4.9 “Conseguí observar que cada material irá refratar de uma maneira diferente”: Dobrando a luz

Na atividade nove, questionei a turma com a questão problematizadora **Refração - como quebrar um raio retilíneo de luz?** Como o objetivo da atividade foi analisar a refração relacionada ao assunto do tópico anterior, solicitei aos alunos que explorassem detalhadamente o simulador **Dobrando a luz**, disponibilizado em cada computador, e relatassem a partir de suas observações, o que compreenderam a respeito da refração da luz, conforme ilustrado na Figura 4.8.

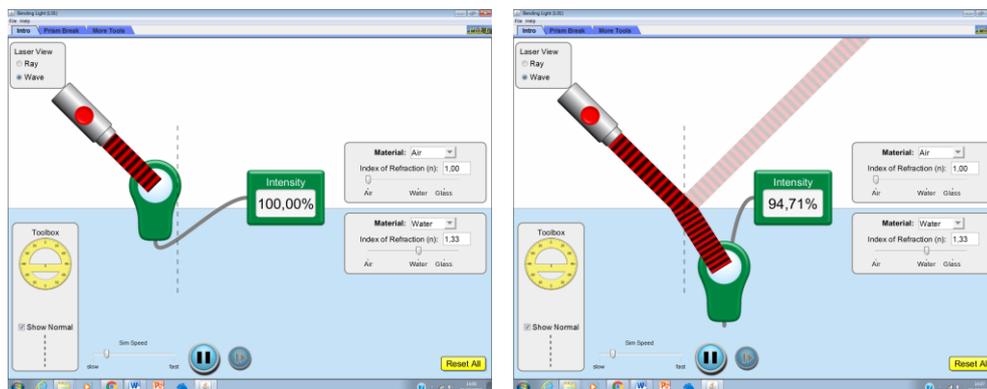
Figura 4.8: Alunos explorando o aplicativo e registrando suas observações



No que diz respeito ao uso do computador, como ferramenta auxiliar no desenvolvimento cognitivo do aluno, Petitto (2003) salienta que, quando há disponibilidade para o professor e a turma usufruir de tal ferramenta, ambos desenvolvem aprendizagens colaborativas, que propiciem ao aprendiz construir a sua própria interpretação acerca de um assunto. Diante do exposto, os alunos internalizam as informações e, de forma organizada, sistematizam para construir determinado conhecimento.

Com esses pressupostos, o aluno Cebolinha ao explorar o simulador salientou “*Parece que o meio mais denso desaceleram a luz, assim diminuindo a intensidade e aumentando a frequência*”. A observação do aluno Cebolinha, pode ser representada conforme a Figura 4.9, com a escolha da opção de propagação da luz como “*wave*”, disponibilizado pelo aplicativo.

Figura 4.9: Diferença na intensidade da luz após sofrer a refração.



A aluna Magali, após explorar o simulador, escreveu “*Vi que a refração depende diretamente da troca de meio e quanto maior a densidade do meio, maior vai ser a refração*”. A aluna ainda registrou em suas observações que “*a luz branca se dispersa no prisma formando o arco-íris e notei também que cada luz tem uma oscilação diferente, dependendo do meio que incide*”.

A aluna Franjinha, após explorar o simulador salientou por escrito que “*Conseguí observar que cada material irá refratar de uma maneira diferente, de acordo com sua densidade, também que cada cor tem uma oscilação diferente.*” Assim como os demais alunos, constatei que eles foram plenamente receptivos ao uso do simulador, e que os conteúdos foram reforçados pelo software.

Em sala de aula, ao ler os registros das alunas, foi conversado que um meio é dito mais refringente quando apresenta índice de refração maior, e menos refringente quando apresenta índice de refração menor. Com isso, quanto maior o índice de refração absoluto de um meio, menor a velocidade com que a luz se propaga nesse meio. Portanto, cada raio luminoso tem uma velocidade diferente, sendo que a cor violeta tem velocidade menor e a cor vermelha velocidade maior.

Nesse sentido, a utilização do simulador é uma ferramenta auxiliar, que pode ajudar na aprendizagem dos alunos. Diante disso, cabe ao professor dosar seu uso entre as atividades propostas, e o de criar um ambiente em que o aluno possa refletir, debater, pesquisar e registrar suas observações, para que ambos possam se sentir responsáveis pelo processo de ensino e aprendizagem.

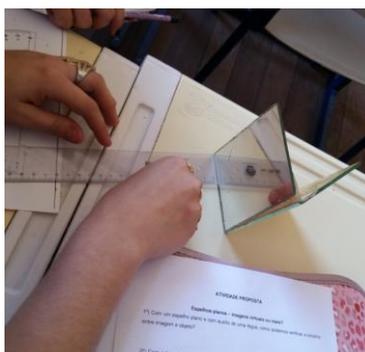
4.10 “Medindo a distância entre o objeto e o espelho percebo que a distância mostrada na reflexão é a mesma, logo são simétricos”: imagens virtuais ou reais?

A atividade foi realizada na turma teve a questão problematizadora **A luz e a sua reflexão em espelhos planos – Imagens virtuais ou reais?** Esta atividade teve como objetivo, analisar a lei da reflexão da luz utilizando espelhos planos. Com isso, a turma foi questionada sobre o que seria uma imagem real ou virtual. Diante do exposto, a turma não soube responder a diferença entre imagem real e virtual. Em razão disso, foi realizado um experimento composto por uma fonte luminosa, um anteparo com fendas paralelas e um espelho plano para analisarmos o comportamento dos raios de luz quando incidem numa superfície plana do espelho.

Após o experimento, foi entregue a turma o material didático **Reflexão da luz em espelhos planos** para a leitura. Este texto aborda a formação da imagem de objetos, referente ao prolongamento dos raios refletidos, as Leis da reflexão da luz e a associação paralela e angular entre dois espelhos planos. A turma foi dividida em duplas e cada uma recebeu dois espelhos planos e uma folha contendo três desafios.

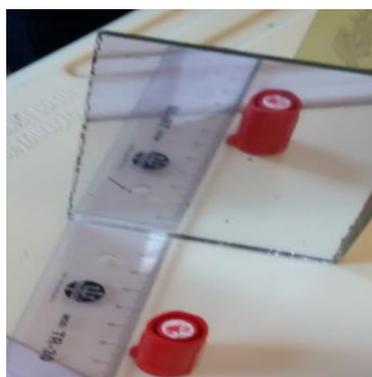
No primeiro desafio, com um espelho plano e com auxílio de uma régua, a dupla questionou como verificar a simetria entre imagem e objeto. A dupla formada pelos alunos Rosa Maria e Timóteo, escreveu “*colocando a régua em plano real a distância refletida no plano virtual é duplicada por conta da reflexão*”. Ao colocar a régua frente ao espelho, a dupla percebeu imediatamente que a imagem formada pelo espelho plano, está no plano virtual. Sendo assim, a simetria entre objeto e imagem, demonstrada pela dupla, pode ser ilustrada pela Figura 4.10.

Figura 4.10: Verificando a simetria entre objeto e imagem no espelho plano



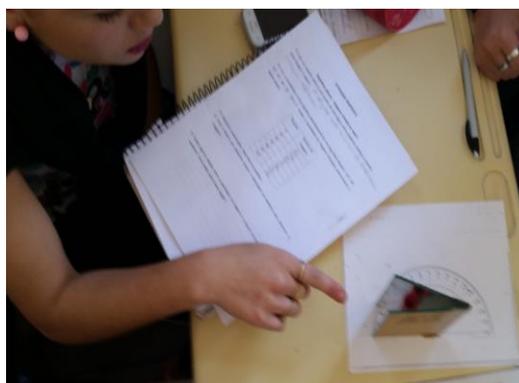
Referente o mesmo desafio, os alunos Cebolinha e Chico Bento, escreveram “colocamos a régua do objeto até o espelho observamos que a distância entre os objetos é a mesma, por exemplo, 6 cm daria 12 cm”. Durante a aula conversei com a dupla, e expliquei que poderíamos dizer que, a distância do objeto ao espelho é a mesma entre a imagem do objeto até o espelho. A Figura 4.11 representa a observação dos alunos.

Figura 4.11: Simetria entre objeto e sua imagem refletida pelo espelho plano



No segundo desafio, com auxílio de um transferidor e dois espelhos planos, as duplas preencheram uma tabela anotando o número de imagens que se formou em relação aos ângulos pré-determinados, entre eles, 0° , 30° , 36° , 45° , 60° , 90° e de 120° . A turma observou que conforme modificavam o ângulo formado entre os espelhos, o número de imagens formadas também sofreu alteração. A Figura 4.12 mostra uma aluna registrando a quantidade de imagens formadas pela associação de dois espelhos planos, em um ângulo de 30° , com auxílio de um transferidor.

Figura 4.12: Aluna analisando o numero de imagens.



Nas três duplas formadas pelas alunas, Maria Cascuda e Mônica, Xabéu e Dorinha e, Franjinha e Magali foram observadas que ao preencherem a tabela com o número de imagens, o objeto em frente a associação de espelhos planos não deveria ser computado. Diante do exposto, foi discutido com as duplas que o objeto não poderia fazer parte da quantidade de imagens formadas, assim, as duplas compreenderam seus equívocos.

Finalizando a atividade, no terceiro desafio, as duplas investigaram qual o ângulo exato formado, entre dois espelhos planos, necessário para obter-se 14 imagens. A maioria dos alunos verificou, com auxílio do transferidor, que ao colocar os espelhos formando um ângulo de 24° , poderiam computar as 14 imagens solicitadas.

As duplas puderam perceber a relação entre o número de imagens formadas de acordo com o ângulo entre os espelhos planos. Os alunos Cascão e Rodolfo relataram por escrito *“quanto maior o ângulo, menor o número de imagens. As imagens refletidas forma um ângulo de 360° que quando dividido pelo ângulo formado pelos espelhos e subtraindo o objeto, determina o número de imagens”*.

Foi verificado que essa dupla compreendeu a relação entre a quantidade de imagens formadas entre dois espelhos planos, e que as demais duplas também conseguiram verificar. As alunas Franjinha e Magali registraram por escrito que *“a relação seria quanto menor o ângulo, maior o número de reflexões. Esta relação esta diretamente lidada com o ângulo de 360° gerado por causa dos dois espelhos, que é fracionado referente ao ângulo dos espelhos”*.

Com base nas reflexões apresentadas, destaca-se a relevância no planejamento da SEI, propondo atividades que criem condições para que os alunos interajam socialmente. Nesse sentido, Carvalho (2011) menciona alguns aspectos, como por exemplo, a participação ativa dos estudantes, a necessidade da interação aluno-aluno para que reflitam e testem hipóteses com seus pares. Diante dessas considerações, percebe-se que a questão problematizadora foi compreendida pelas duplas e que, o espaço para o trabalho em grupo, juntamente com a experimentação, proporcionou aos alunos a construção do conhecimento.

4.11 “Foi bem divertida e promoveu interações entre os alunos”: construindo um caleidoscópio

A décima primeira atividade teve início na sala de projeção, com a questão problematizadora **Como multiplicar o que enxergamos utilizando um caleidoscópio?** Frente a questão, a turma questionou sobre o que seria um caleidoscópio, pois não sabiam nada a respeito.

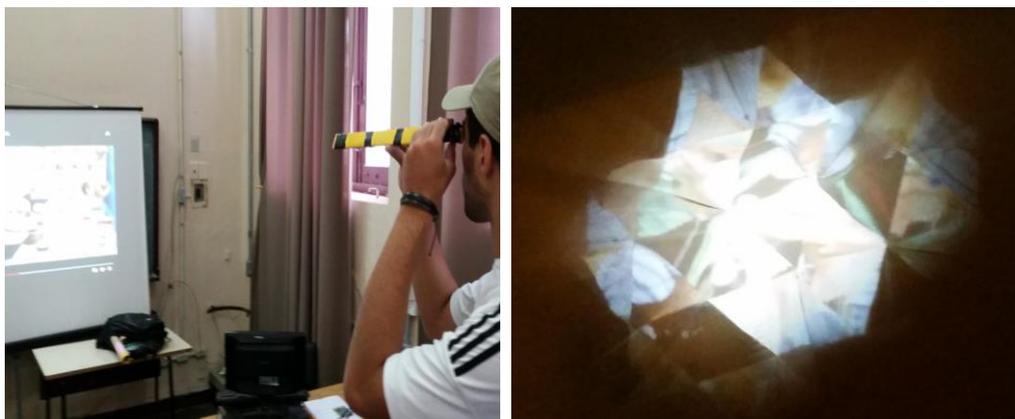
O objetivo da atividade foi construir um caleidoscópio para verificar a reflexão da luz. Com a visualização do vídeo, logo no início da aula, propiciou aos alunos o entendimento das etapas de construção do caleidoscópio. Dessa forma, foi importante ter inserido no planejamento do produto educacional esse recurso, pois também despertou a curiosidade de construção, fazendo com que os alunos tivessem a vontade de montar seu próprio caleidoscópio.

Além disso, momentos antes da construção, foi realizada uma conversa a qual instiguei os alunos a pensarem sobre o conceito físico da reflexão da luz, presente em superfícies planas e polidas. Alguns alunos questionaram se réguas do tipo fosca poderiam substituir espelhos planos e obterem o mesmo resultado das imagens refletidas. Nesse caso, mencionei que esses tipos de réguas comprometeriam a nitidez das reflexões das imagens e as réguas transparentes são ideais, pois sua utilização em caleidoscópios se assemelha a de um espelho plano.

Percebeu-se que essa conversa potencializou o diálogo no espaço de sala de aula. Neste sentido Carvalho (2011) reitera a importância de um ambiente encorajador, isto é, onde o aluno seja ativo e participe de discussões, não se sentindo inibido e nem com medo de se expor. Logo, cabe ao professor buscar entender o raciocínio dos alunos mediante aos seus questionamentos e complementá-lo, aprofundando ainda mais o entendimento do assunto e o diálogo.

No que se refere à construção do caleidoscópio, esta foi uma experiência enriquecedora, pois a turma desconhecia esse aparato. A visualização de sucessivas reflexões e a simetria das imagens refletidas dos objetos possibilitou um efeito encantador, conforme ilustra a Figura 4.12.

Figura 4.12: Visualização da imagem utilizando o caleidoscópio.



Diante do exposto, o aluno Chico Bento mencionou em seu registro escrito que *“Foi muito boa a experiência, algo novo para mim. Não conhecia o objeto, foi tranquilo de construir. Aprendi novos ângulos com o caleidoscópio, a luz reflete na régua e cria várias imagens, muito legal.”* A aluna Maria Cascuda escreveu *“Nunca tinha nem escutado falar em caleidoscópio, não tive nenhuma dificuldade de fazer um, me baseei no vídeo mostrado pelo professor.”* Por fim, a aluna Rosa Maria, registrou que *“Foi uma experiência única, nunca havia feito igual ou parecido, o resultado foi incrível, fiquei encantada. Confesso que de início achei que não daria certo”*.

Em relação ao funcionamento do caleidoscópio e a Óptica envolvida no objeto, a aluna Mônica destacou por escrito *“Aprendi que as imagens se multiplicam de acordo com o reflexo do lado das régua que não eram foscas, [espelhos]. Ao movimentar o objeto as imagens se multiplicam em formas simétricas”*. O aluno Cascão escreveu *“Aprendemos a relação da luz com as imagens refletidas nas 3 régua”*. Logo, cada uma das régua teve a função de um espelho plano, proporcionando sucessivas reflexões com belas imagens refletidas.

Após responderem por escrito sobre a experiência de realizarem a atividade em dupla, os alunos consideraram importante compartilhar diferentes opiniões com seu par. O aluno Cebolinha mencionou *“Foi ótimo, pois foram das observações de diferentes pontos de vista que aprendi com o colega, que ao movimentar (girar) o caleidoscópio, a imagem parecia mudar e ficava mais bonita a visualização”*.

A aluna Magali escreveu *“Foi bem divertida e promoveu interações entre os alunos”*, a aluna Franjinha salientou *“Foi de ótimo proveito, podendo ouvir diferentes*

opiniões e pontos de vista em relação a experiência e também facilitando sua construção”.

Ademais, Carvalho (2013, p. 5) destaca a necessidade de o professor promover o trabalho em grupo quando desenvolve uma SEI, pois assim “os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas”. Dessa forma, os alunos tiveram a oportunidade de articular, debater e aprender com o colega, trocando ideias e ajudando-se mutuamente no trabalho coletivo, conforme mostrada na Figura 4.13.

Figura 4.13: Alunas na montagem do caleidoscópio.



Com base nas reflexões apresentadas, percebeu-se que a atividade desenvolvida foi bem aceita pelos alunos e propiciou momentos de aprendizagem sobre a Óptica Geométrica. O vídeo e a conversa foram importantes, pois suscitaram o diálogo e questionamentos a respeito do tema estudado, levando os alunos a construírem seus argumentos.

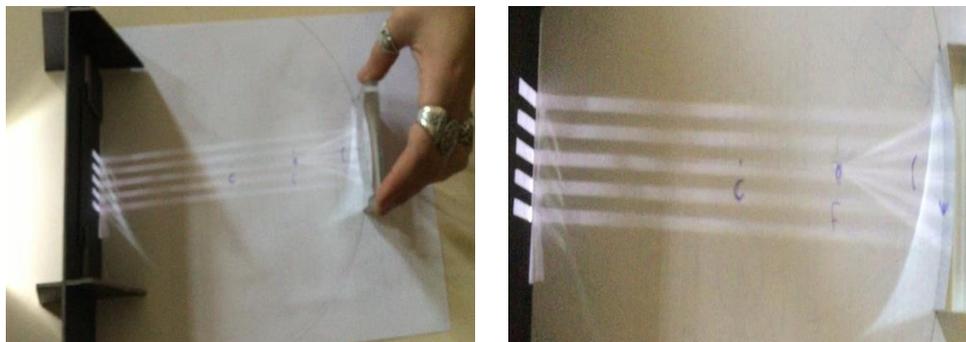
Além de estimular a criatividade e o trabalho em equipe, os estudantes se sentiram incentivados na construção do caleidoscópio e na observação das sucessivas imagens refletidas e a simetria presente nelas. Logo, essa dinâmica contribuiu para que as aulas de Física não fiquem somente restritas a exposição dos conceitos, mas também que seja possível a visualização de fenômenos físicos estudados.

4.12 “Agora toda vez que me olho no espelho sei que estou usando um espelho côncavo”: imagem real ou virtual?

A décima segunda atividade teve como questão problematizadora **A luz e a sua reflexão em espelhos esféricos – imagens virtuais ou reais?** Como o objetivo da atividade foi de analisar a lei da reflexão da luz em espelhos esféricos, novamente questionei a turma sobre o que seriam imagens virtuais e reais.

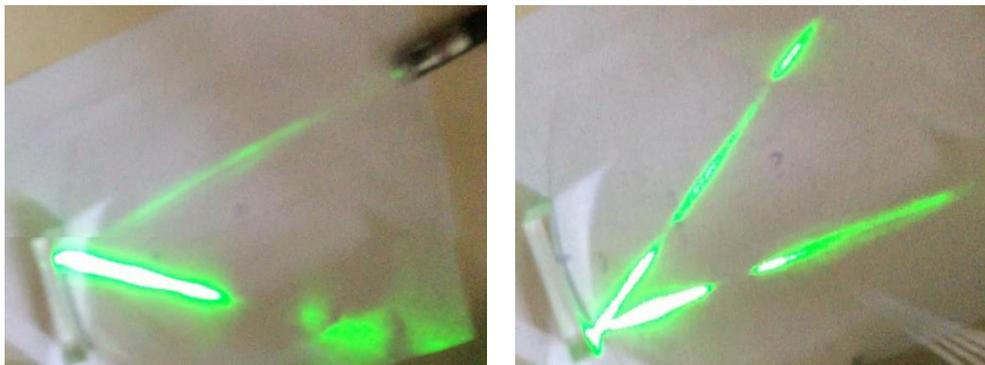
Os alunos acharam estranho utilizar o termo “real” para imagem. Foi demonstrado um experimento para visualizar a reflexão dos raios luminosos, passando pelo foco do espelho esférico côncavo e convexo. Destacou-se a importância da participação dos alunos no experimento e a surpresa da turma, ao visualizar os feixes paralelos de luz convergir para um mesmo ponto. A Figura 4.13, mostra uma aluna observando o comportamento dos feixes de luz convergir para o foco ao utilizar um espelho côncavo.

Figura 4.13: Aluna verificando os feixes de luz em um espelho côncavo.



Por fim, os alunos registraram por escrito suas observações, a respeito do que compreenderam com o experimento realizado em aula e por terem manuseado os espelhos côncavo e convexo. O aluno Cebolinha salientou “*A luz pode ter reflexões diferentes dependendo da curva do espelho e que a luz sempre passa pelo foco dele*”. Na aula, foi conversado com o aluno que ele poderia ter escrito que a luz sempre passa pelo foco do espelho após ter sofrido reflexão, conforme demonstrado na Figura 4.14.

Figura 4.14: Feixe de luz após reflexão passando pelo foco do espelho côncavo



O aluno Cascão escreveu “*Entendi que a imagem do espelho côncavo fica de varias maneiras e depende onde o objeto fica e que pode ser virtual e real. Já no convexo fica só virtual*”. Durante a aula, após leitura do registro do aluno, foi reforçado que as várias maneiras das imagens (real e virtual) têm referência em seu tamanho de acordo com a posição do objeto em relação ao vértice do espelho. Foi recapitulado com o aluno, que o termo “virtual e real”, poderia ser reescrito como virtual ou real, pois não poderíamos obter imagem virtual e real em um mesmo instante.

A aluna Magali ressaltou por escrito “*Quando segurei o espelho notei que cada vez que olhava mais de pertinho minha imagem ficava maior e quando afastava o espelho teve um momento que a imagem virou*”. Foi salientado durante a aula, para a aluna Magali, que poderia ter sido mencionado em seu registro, o tipo de espelho utilizado por ela, o motivo da inversão da imagem e em que momento se pode obter imagens virtual e real. No que se refere à formação da imagem, Menezes et al. (2010, p. 97) destaca que:

“Podemos concluir que as características da imagem conjugada por um espelho esférico côncavo dependem da distância do objeto em relação ao espelho, e as imagens reais que podem ser projetadas se formarem à frente do espelho, enquanto as imagens virtuais se formam atrás do espelho. Se o objeto estiver além do foco forma-se uma imagem invertida e denominada real”.

Em relação aos alunos citarem algumas aplicações dos espelhos esféricos indicando qual o tipo de espelho utilizado, o aluno Rodolfo escreveu “*Nas farmácias no canto da parede e na escada do ônibus tem o convexo para enxergar com uma*

visão ampliada. O côncavo aumenta o rosto como tem nas Ópticas". Durante a aula, conversei com o aluno, que o espelho convexo amplia o campo visual por ter as imagens dos objetos sempre virtuais e menores. Em relação ao espelho côncavo, este aumenta a imagem conjugada do rosto, por se tratar de uma imagem virtual.

Alguns alunos citaram aplicações parecidas em relação aos espelhos, dentre elas, a aluna Mônica escreveu "*Nas bolinhas de natal as imagens são menores e virtual e é um exemplo de espelho convexo. A imagem fica maior no côncavo quando estou perto dele. Agora toda vez que me olho no espelho sei que estou usando um espelho côncavo*". O aluno Chico Bento salientou "*Entendi melhor como funcionam os espelhos. No côncavo pode ter os dois tipos de imagens e no convexo só a virtual. Na portaria do meu prédio tem um convexo e nas escadas do ônibus e o côncavo tem nas Ópticas*".

Diante disso, foi observado que houve um entendimento referente à conjugação das imagens nos espelhos côncavo e convexo e que, a participação efetiva no experimento, auxiliou no processo de aprendizagem dos alunos. Foi verificado também que, o registro por escrito dos alunos ajudou na reflexão para formulação de respostas, proporcionando um conhecimento científico.

4.13 "Foram experiências que ficaram na minha memória": *feedback*

No fechamento do produto educacional, os alunos registraram por escrito, seus pareceres referente a experiência de terem participado das atividades e, posteriormente, compartilharam numa roda de conversa. Seguindo as ideias de Carvalho (2013), a sistematização coletiva do conhecimento é de suma importância, pois ao ouvir o outro, os alunos não só lembraram o que fizeram, como também, colaboraram na construção do conhecimento que estava sendo sistematizado, levando-os a tomarem consciência de suas ações.

No que diz respeito ao que os alunos acharam de realizar os registros escritos na aula de Física, a aluna Rosa Maria escreveu "*Necessário, pois fazia com que nos aprofundássemos mais em cada conteúdo, aprofundava os conhecimentos e mostrava o que de fato aprendíamos de cada um*". A aluna Mônica registrou "*Foi interessante a realização desses registros escritos pois, assim podemos escrever nossos conceitos e aprimorando a cada aprendizagem*".

Nessa perspectiva, Guedes e Souza (2011, p. 19) ressaltam que “Ensinar é ensinar a escrever porque a reflexão sobre a produção de conhecimento se expressa por escrito”. Nesse sentido, observei que o exercício da escrita, no final de cada atividade da SEI, potencializou a construção de conhecimentos, e ainda, possibilitou aos alunos a formulação, a esquematização e a sistematização de suas ideias. Além disso, o registro por escrito foi um meio que me auxiliou a perceber o que os alunos estavam compreendendo acerca dos conceitos estudados. Pressupõe-se que, um aluno que compreendeu um determinado conceito, consegue escrever a respeito.

No que se refere a sequência de atividades como auxílio no aprendizado da disciplina de Física, a aluna Maria Cascuda escreveu *“Muito pois saiu do nosso método tradicional de ensino, através da tecnologia com os simuladores e de áudio/vídeo e de por em pratica o conteúdo”*. O aluno Chico Bento registrou *“Sim me auxiliou, cada atividade, com a prática, com ferramentas e anotações, foram experiências que ficaram na minha memória”*.

Nesse sentido, o desenvolvimento de uma SEI, que tem por objetivo levar o aluno a construção de um conceito, deve oferecer condições para que ele pense e trabalhe com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático, isto é, tenha uma atitude investigativa (CARVALHO,2013). Diante disso, observou-se que a SEI criou um ambiente investigativo nas aulas de Física, o que possibilitou ensinar e mediar os alunos durante esse processo científico. Com isso, a turma era ciente que, a cada aula, uma nova questão problematizadora estaria presente, fato este, que ampliou gradativamente o conhecimento científico dos alunos.

No que concerne às atividades realizadas em grupo, Vigotski (2007) destaca a importância do papel do outro na construção do conhecimento. Esse aspecto emergiu na escrita dos alunos, como por exemplo, a aluna Mônica mencionou *“Nas atividades realizadas em grupo cada um aprende com o outro, a interação também foi muito importante para a realização dessas atividades”*. A aluna Dorinha escreveu *“Aprendi a interagir em grupo e compartilhar pensamentos e chegar em um consenso”*.

No fragmento da aluna Dorinha entendeu-se que o espaço da sala de aula possibilitou aprendizagens que vão além dos conteúdos curriculares, e são ensinamentos que contribuíram para a vida dos alunos em sociedade. A aluna Maria

Cascuda mencionou que *“Aprendemos a trabalhar juntos, com olhares diferentes de cada um sobre os experimentos e a contribuir um com o outro ajudando nas suas dificuldades”*.

Esse excerto vai ao encontro do conceito de ZDP e propiciou compreender o quanto foi importante trabalhar com grupos nas aulas de Física. Muitas vezes, fez-se necessário a intervenção na organização dos grupos, de acordo com os diferentes saberes que os alunos precisavam dominar. Essa interação entre os pares propiciou que alunos com diferentes níveis de desenvolvimento, pudessem estudar juntos. Segundo Vigotski (2007) esse é um fator determinante no processo da aprendizagem escolar. Logo, compreendeu-se que a aprendizagem é construída a partir das relações sociais. No caso da SEI, as atividades em grupo promoveram que os alunos se sentissem desafiados a ajudarem os colegas nas suas dificuldades.

No que corresponde a relação do conteúdo de Óptica, abordado nas atividades na aula de Física, com o cotidiano, a aluna Maria Cascuda escreveu *“Por ser menina todo vez que me olho no espelho plano e esférico sei que estou utilizando um material que me ajudou muito nas aulas de estudo de espelhos e também me surpreendeu quando descobri que a luz branca é formada por todas as cores”*. A aluna Rosa Maria salientou *“Tudo visto em aula realmente tinha relação com todas as coisas do meu cotidiano. Que o branco não esquenta no sol já que reflete as cores. Entendi melhor sobre como funcionam as reflexões nos espelhos esféricos, e agora sei como minha imagem se modificava”*.

Com o registro das alunas, observou-se que muitos conceitos estudados nas atividades foram ao encontro do que elas vivenciam no seu dia a dia, atribuindo assim, um valor aos saber escolar e dando sentido ao que aprendem nas aulas de Física. Em síntese, entendeu-se que a contextualização quando presente numa SEI, serve como elemento motivador da aprendizagem, e por isso, o professor deve incorporá-la à sua prática docente.

Para complementar essa ideia, a aluna Mônica também relaciona a Óptica estudada nas atividades com o seu cotidiano, por exemplo, *“O espelho esférico que tem no fundo do ônibus para aumentar o campo de visão do cobrador, a refração da luz quando vemos um arco-íris”*. Diante do exposto, Brasil (1999, p. 94) discorre que *“é possível generalizar a contextualização como recurso para tornar a aprendizagem*

significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos adquiridos espontaneamente".

No desenvolvimento e na aplicação da SEI abordando o conteúdo de Óptica Geométrica compreendeu-se as aprendizagens que o produto educacional propiciou aos alunos. Frente a isso, citou-se como exemplo, o trabalho em grupo, que não somente valoriza a construção de novos saberes, mas também, oportuniza o pensamento e a interação entre os pares.

Destacou-se ainda que através dos registros escritos dos alunos, foi propiciado investigar a evolução dos conceitos científicos dos estudantes em relação aos fenômenos abordados de Óptica. Com isso, a escrita no final das atividades, auxiliou os alunos na compreensão do conteúdo estudado, a fim de terem um posicionamento mais elaborado, do ponto de vista da linguagem escrita.

Considerações finais

Essa dissertação me possibilitou pensar na elaboração e no desenvolvimento do produto educacional “Percebendo a Óptica no cotidiano”, o qual teve como base uma Sequência de Ensino Investigativa, constituída de treze atividades com foco no conteúdo de Óptica Geométrica e desenvolvida em uma escola pública, na cidade de Rio Grande.

Utilizar uma SEI como estratégia de ensino nas aulas de Física, me proporcionou compreender o processo de ensino e de aprendizagem escolar numa visão vigotskiana, onde o aprendizado e o desenvolvimento estão inter-relacionados. Destaco que, nas situações de sala de aula em que foram propostas questões problematizadoras e as demais atividades, percebi que muitos alunos tiveram menos dificuldades nas resoluções, justamente por terem o auxílio dos colegas.

Mesmo não resolvendo sozinhos as tarefas, os alunos conseguiram ter um bom desempenho, o que é um indicativo de níveis mais avançados de desenvolvimento. Diante desses pressupostos, pude perceber que o professor é o responsável, por meio de seu planejamento, por propiciar atividades que potencializem essa interação entre os alunos.

Ao trabalhar de modo planejado com os vídeos, percebi que este recurso, propiciou aos alunos o entendimento dos fenômenos físicos estudados. A visualização dos vídeos ajudou-os no aprimoramento dos conhecimentos espontâneos e científicos, e também no auxílio da construção de um aparato experimental como, por exemplo, o caleidoscópio.

No que se refere ao registro por escrito, pude verificar que essa etapa foi essencial para a sistematização individual do conhecimento. Em todas as atividades da SEI, os alunos registraram o que aprenderam e o que observaram, argumentando criticamente seus pontos de vista, fazendo conjecturas em relação aos conceitos estudados. Além disso, aos escreverem nas aulas de Física, os alunos puderam desenvolver sua competência escritora.

Ao propor o uso dos simuladores em algumas atividades, percebi que foi possível aprender os fenômenos físicos presentes no cotidiano de uma maneira agradável. Isso influenciou no envolvimento dos alunos, tornando eficaz o aprendizado dos conceitos abordados e enriquecendo os registros escritos efetuados por eles.

O uso da experimentação estimulou a intervenção do aluno na manipulação dos experimentos, não sendo meramente expositiva pelo professor, por eles necessitarem pesquisar e buscar informações para complementar suas ideias nas construções realizadas.

Por fim, após a aplicação do produto educacional, observei que algumas modificações foram necessárias para a reaplicação do produto em outra turma. Por se tratar de atividades flexíveis a mudanças, modificações ou adaptações servirão para adequar à realidade de cada escola ou conforme o planejamento de cada professor. Sendo assim, ao utilizar esse produto educacional, o docente poderá complementá-lo, por exemplo, incluindo o estudo de lentes.

Percebi que houve aprendizagens para além dos conteúdos escolares. Destaco o trabalho em grupo, a cooperação, a escuta, a oralidade, o bom relacionamento com os colegas e com o professor, a autonomia e a criticidade. Tudo isso influenciou na motivação dos alunos para aprenderem Física e perceberem a Óptica no cotidiano.

Para trabalhos futuros pretende-se utilizar informações oriundas dos registros escritos, das gravações em áudio realizadas nas aulas, e da entrevista feita com os alunos ao final da SEI, analisá-las por meio de uma metodologia e, assim, produzir publicações decorrentes do desenvolvimento do produto educacional atrelado a esta dissertação.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Jeyvson; ROCHA, Felipe; CHIARO, Sylvia. **A Física no cotidiano: Ensino e aprendizagem com base na teoria vygotskyana.** In: III Congresso Internacional das Licenciaturas (COINTER). 2016. Disponível em: < <http://cointer-pdvl.com.br/wp-content/uploads/2017/01/A-F%C3%8DSICA-NO-COTIDIANO-ENSINO-E-APRENDIZAGEM-COM-BASE-NA-TEORIA-VIGOTSKYANA.pdf>>. Acesso em: 21 abr. de 2018.

BELLUCCO, Alex. CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, abr. 2014. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/44719>>. Acesso em: 20 mar. de 2018.

BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polônia Altoé. BLINI, Ricardo Brugnole. **Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física.** Acta Scientiarum Human and Social Sciences, p.45, 2009.

BONJORNO, José Roberto et al. **Física: Termologia, Óptica e Ondulatória.** 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, p.142, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: MEC, SEMTEC, 1999.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa. (Org.) **Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, Marcos Daniel (Org.). **O uno e o Diverso na Educação.** Uberlândia: EDUFU, 2011.

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

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína LA. **O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 18, n. 1, p. 26-40, 2001.

GUEDES, Paulo Coimbra; SOUZA, Jane Mari. Leitura e escrita são tarefas da escola e não só do professor de português. In: NEVES, Iara Conceição Bitencourt et al. (Orgs.). **Ler e escrever Compromisso de todas as áreas.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2011.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007. Acesso em: 22 jan de 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n2/a11v29n2.pdf>>. Acesso em: 15 mar. de 2018

LOPES, Eric Barros. Refração e o Ensino de Óptica. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MENEZES, Luís Carlos. et al. **Coleção Quanta Física**. 2º ano. 1. Ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

MORAN, José Manuel. O Vídeo na Sala de Aula. **Revista Comunicação & Educação**. São Paulo, ECA – Ed. Moderna, v.2, p. 27 – 35, 1995.

MORAN, José Manuel. **As mídias na educação. Desafios na Comunicação Pessoal**. 3ª Ed. São Paula: Paulinas, p. 162, 2007.

OLIVEIRA, Martha Kohl de. **Vygotsky – aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1997.

PETITTO, Sonia. Projetos de Trabalho em Informática: **Desenvolvendo Competências**. Campinas. Ed. Papyrus, 2003.

RIBEIRO, Jair Lúcio; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. **Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 4, 2012. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/344403.pdf>>. Acesso em: 5 abr. de 2018

VALENTE, José Armando. **Informática na Educação: uma questão técnica ou pedagógica?** Pátio, Ano 3, N° 9, p. 22, 1999.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Trad. José Cipolla Neto; Luís Silveira Menna Barreto; Solange Castro Afeche. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, [1984] 2007.

ViGOTSKY, Lev Semionovitch. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

Apêndice A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) **para participar, como voluntário(a), do Projeto de Pesquisa sob o título UMA SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA** Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com qualquer um dos responsáveis pela pesquisa: profº Clark Ferreira Farias Junior (Escola Estadual Lemos Junior); email: clk.fjr@hotmail.com e com o orientador da pesquisa profº Dr. Aline Dytz (FURG) pelo telefone: 32935396 (secretaria da pós-graduação), e-mail: afisica@gmail.com.

Nesse trabalho, buscamos compreender como o produto educacional, através de uma sequência investigativa, no ensino e aprendizagem de Ótica Geométrica, contribui no aprendizado de alunos do Ensino Médio. A coleta de dados será feita na Escola Estadual Lemos Junior durante as aulas, que poderão ser gravadas em vídeo e/ou áudio e posteriormente utilizadas e analisadas unicamente com o intuito desta pesquisa, não havendo qualquer repasse a terceiros com intuito comercial/financeiro.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido (a) pelo pesquisador profº Clark Ferreira Farias Junior sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Rio Grande, 27 de setembro de 2017.

Assinatura do participante

Assinatura do responsável

Eu, prof. Clark Ferreira Farias Junior, obtive de forma voluntária o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação da pesquisa.

(Aluno)

Apêndice B

Produto Educacional Percebendo a Óptica no cotidiano

O produto educacional da dissertação, cujo nome **Percebendo a Óptica no cotidiano**, é uma sequência de ensino investigativa constituída por 13 atividades. Cada atividade contempla um plano de aula e um roteiro de atividades para cada intervenção, os quais estão disponibilizados no decorrer deste apêndice.

Na atividade um, fiz um questionário investigativo com cinco questões, sendo três discursivas e duas objetivas. A atividade foi realizada individualmente, afim de identificar os conhecimentos espontâneos dos alunos em relação aos fenômenos da luz a ser estudado.

Na atividade dois, foi assistido um vídeo **A Física e o Cotidiano** com o propósito de identificar as concepções de cada aluno em relação aos fenômenos Físicos da Óptica Geométrica. O referido vídeo aborda de forma breve e histórica, os fenômenos Físicos da natureza da luz, os trabalhos de Newton, a reflexão, a propagação retilínea dos raios luminosos, a definição corpuscular da luz como onda e partícula, as cores dos objetos e aplicações do cotidiano. Por fim, numa roda de conversa, os alunos apresentaram suas concepções acerca dos fenômenos da natureza luz. Ao final, os alunos receberam o material “Para saber mais”, cujo texto “Sombras do tempo” complementa as ideias discutidas em sala de aula.

Na atividade três, a aula iniciou com o questionamento **A luz tem cor?** e teve o intuito da turma fazer o experimento “Composição da luz em cores”. Após experimento, os alunos receberam a folha da atividade com a mistura de tintas e cores. Por fim, os alunos concluíram a diferença entre as cores primárias de cor de luz com as de pigmento.

Na atividade quatro, inicialmente os alunos exploraram detalhadamente o simulador Visão de Cor que proporcionou uma revisão referente à atividade dois. Para isso, foi entregue a folha da atividade proposta para os alunos responderem fazendo uma relação com a atividade da aula anterior.

Na atividade cinco, entreguei aos alunos o texto didático “O experimento crucial de Newton sobre a decomposição da luz”. Após leitura e explicação, os alunos construíram o Disco de Newton, verificando assim, a composição das cores na cor branca. Após, os alunos manusearam um prisma e puderam observar o

fenômeno da decomposição da luz, e com isso, eles registraram por escrito suas conclusões do que observaram com os experimentos durante a aula.

Com a atividade seis, os alunos pesquisaram sobre a câmara escura de orifício, contemplando as etapas de construção e os materiais necessários. Após, a turma foi dividida em grupos, para organizar sua construção. Por fim, entreguei o material “Para saber mais”, cujo texto “Faça sua câmara escura de orifício”, aborda a câmara escura numa perspectiva histórica.

Na atividade sete, cada grupo construiu sua câmara escura e registrou a montagem para confeccionar a edição de vídeos. Durante a gravação, os alunos explicaram a experimentação das câmeras escuras de orifício e a relação geométrica entre tamanho do objeto, da câmara escura e da imagem formada, havendo assim, a interlocução entre teoria e a prática.

Na atividade oito, foi feita uma demonstração experimental sobre a refração da luz e entregue o material didático a respeito do assunto. Após a leitura e explicação, os alunos fizeram o experimento sobre a relação angular entre os raios incidente e refratado, sendo que, por fim, resolveram os exercícios propostos.

A atividade nove foi feita a revisão do conceito de refração com o uso de um simulador instalado em cada computador da sala. Os alunos exploraram individualmente e relataram por escrito suas observações a respeito do fenômeno da refração da luz.

Na atividade dez, entreguei o material didático e, após a leitura, a turma foi dividida em dupla. Cada uma das duplas recebeu dois espelhos planos para resolver a atividade experimental proposta e efetuar o registro de suas observações. Por fim, entreguei os materiais Para saber mais, cujos textos “Fabricação de espelhos” e “A reflexão da luz e os filmes de terror”, destacam curiosidades a respeito do tema estudado.

A atividade onze teve como proposta de pesquisa o que é um caleidoscópio. Foi utilizada a sala de projeção para visualização de um vídeo que explicou a construção do aparato. Após visualização do vídeo, a turma foi dividida em duplas para a construção do caleidoscópio. Feito isso, cada aluno registrou por escrito suas experiências e observações. Por fim, os alunos receberam o material Para saber mais, cujo texto “O funcionamento da fibra Óptica”, destaca curiosidades a respeito do tema estudado.

Na atividade doze, a turma fez um experimento para visualizar a reflexão dos raios luminosos nos espelhos esféricos. Após o experimento, alunos receberam o material didático a respeito do assunto estudado e após explicação, a turma citou exemplos sobre a utilização dos espelhos esféricos no cotidiano. Por fim, os alunos receberão o material “Para saber mais”, cujo texto “Construindo um forno solar com espelhos”, destacando curiosidades a respeito desse tema.

A atividade treze foi o do *feedback* para finalizarmos o produto educacional. Para isso, os alunos responderam quatro perguntas, e após, realizei uma roda de conversa, para socializarmos seus registros e falar da experiência de ter participado das atividades.

Apêndice B1

Atividade 1: Minhas concepções: o que entendo sobre Óptica Geométrica?

Objetivo Geral

Identificar conhecimentos espontâneos dos alunos em relação aos fenômenos da luz a ser estudado.

Objetivos específicos

- Verificar os conhecimentos espontâneos dos alunos referentes ao tema;
- Analisar diferentes concepções através de questões discursivas e objetivas referente ao cotidiano que envolva conteúdos relacionados aos fenômenos da luz;
- Abordar as cores dos objetos como uma combinação de frequências da luz refletidas.

Estratégia metodológica

Primeiramente, o professor fará alguns comentários gerais a respeito do conteúdo de Óptica, o qual será estudado no trimestre. A intenção é abordar o assunto, porém, não de forma conceitual, e sim provocar os alunos a refletirem.

No segundo momento, o professor irá entregar um questionário com quatro questões discursivas, para identificar os conhecimentos espontâneos de cada aluno, almejando o objetivo da proposta. No terceiro momento, será realizada uma roda conversa em que os alunos irão expressar suas concepções a cerca dos fenômenos da luz através da leitura de suas respostas. Além disso, o professor poderá fazer contribuições conceituais da Física a fim de complementar à atividade proposta.

Avaliação

A avaliação será feita por meio da socialização das questões proposta pelo questionário e, com a correção necessária pelo professor orientador.

Referencial

<http://www.neteducacao.com.br/experiencias-educativas/ensino-medio/fisica/luz-e-cor>. Acesso em: 05/08/2017 <https://cfq8.wikispaces.com/Cores>

Questionário investigativo:
Minhas concepções: um olhar sobre o assunto

1. Em relação sobre o que é a luz, marque a alternativa que a define corretamente.
 É uma forma de energia que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas, como ondas de rádio e TV, mas que é percebida pelo olho humano.
 Luz é a capacidade de enxergar permitindo a visão dos objetos.
 A luz não pode ser considerada energia, pois é um fenômeno de percepção da visão.

2. De forma a expressar suas concepções a cerca dos fenômenos da luz, responda por que ao entrar em uma sala completamente escura, precisamos de luz para conseguir enxergar?

3. A luz é composta por cores primárias, sendo elas: o vermelho, verde e azul. Marque a alternativa que responde ao questionamento: O que acontece quando se misturam a cor de luz vermelha com a cor de luz verde?
 - a) Amarelo
 - b) Preto
 - c) Azul
 - d) Branco
 - e) Cinza

4. Como você explica as diferentes cores que percebemos dos objetos?

5. Imagine que você tem disponíveis duas camisetas para ir à praia em um dia de sol, uma é na cor branca e outra, na cor preta. Desconsiderando a preferência pela cor, qual das camisetas você escolheria para fazer uma caminhada à beira mar? Explique o motivo de sua escolha.

Apêndice B2

Atividade 2: A Física e o cotidiano: como a ciência pode mudar a maneira de ver mundo?

Objetivo Geral

Identificar as concepções em relação aos fenômenos Físicos da Óptica Geométrica referente ao vídeo **A Física e o Cotidiano**.

Objetivos específicos

- Compreender os fenômenos Físicos da natureza da luz;
- Analisar a propagação retilínea dos raios luminosos;
- Definir a luz como uma onda eletromagnética;
- Determinar a cor de objetos a partir das frequências de luz absorvidas e refletidas;
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

No primeiro momento, a aula terá início com a turma assistindo o vídeo **A Física e o Cotidiano**, no qual abordam de forma breve e histórica, os fenômenos Físicos da natureza da luz, os trabalhos de Newton, a reflexão, a propagação retilínea dos raios luminosos, a definição corpuscular da luz como onda e partícula, as cores dos objetos e aplicações do cotidiano.

Para um segundo momento, será entregue a folha da atividade proposta, que consta de quatro questões discursivas relacionadas ao vídeo, com o propósito de identificar as concepções que cada aluno desenvolveu/adquiriu dos fenômenos físicos da natureza da luz. No terceiro momento, os alunos apresentarão oralmente suas concepções a cerca dos fenômenos da natureza luz, a partir da leitura de suas respostas. Além disso, o professor poderá fazer contribuições conceituais da Física a fim de complementar à atividade proposta. Ao final da aula, os alunos receberão o material Para saber mais, cujo texto “Sombras do tempo”, que complementa as ideias discutidas em sala de aula.

Recursos utilizados

Computador, Data show e Caixas de som.

Avaliação

Cada aluno irá apresentar suas concepções a cerca dos fenômenos da natureza luz, a partir da leitura de suas respostas. Assim, o professor poderá intervir/contribuir conceitualmente sobre os fenômenos físicos presentes no vídeo.

Referencial

A Física e o Cotidiano. Vídeo disponível em :

<https://www.youtube.com/watch?v=3TpSGZQ3sFY>. Acesso em 05/08/2017

Atividade proposta - A Física e o Cotidiano

Após assistir o vídeo **A Física e o Cotidiano**, no qual são discutidos os fenômenos Óticos da luz, responda as questões solicitadas abaixo:

1. De que forma o vídeo abordou o conceito de um corpo luminoso e um corpo iluminado?
2. Após a visualização do vídeo, defina o conceito de luz.
3. O que é um espectro eletromagnético?
4. Qual a relação entre frequência e ou comprimento de onda com as cores dos objetos?
5. Você está numa festa usando uma camisa branca e um colega ao se aproximar, elogia sua camiseta amarela. Marque a alternativa que descreve corretamente a cor da iluminação deste ambiente. Observação: seu colega não é daltônico.
a) Verde b) Amarela c) Azul d) Vermelha e) Branca

Para saber mais

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e História

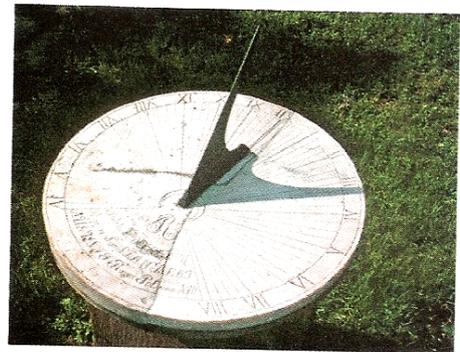
Sombras do tempo

Na Grécia e Roma antigas, era comum marcar um encontro baseado no comprimento da sombra de uma pessoa. Era algo do tipo: "Te vejo na porta do Coliseu quando nossas sombras chegarem aos 3 metros, pode ser?". O combinado, é claro, muitas vezes dava errado, já que o comprimento varia de acordo com a altura de cada um. Um baixinho e um grandalhão dificilmente se encontrariam utilizando esse método. As sombras deles chegariam ao comprimento combinado em diferentes momentos do dia.

Os romanos, aliás, eram exímios guerreiros e hábeis saqueadores [...]. O historiador Plínio conta que o primeiro relógio solar público de Roma foi instalado em 264 a.C., trazido da Sicília como parte do saque liderado pelo cônsul Marcus Valerius Messala durante a Primeira Guerra Púnica. "As linhas do relógio não concordavam com as horas", escreveu o historiador, "mas as pessoas continuaram a segui-las por 99 anos!". Plínio descreve o episódio com certo espanto, pois, ao contrário da maioria dos outros cidadãos romanos, ele sabia que os relógios solares eram projetados de acordo com a latitude de cada cidade e a sombra que produziam ao serem expostos ao Sol. Roma fica ao norte da Sicília, em latitude diferente, e por isso o relógio marcava as horas erradas. Os romanos só saíram do atraso quando o censor Quintus Marcus Phillipus, em tempo, resolveu erguer um relógio solar adequado à posição de Roma no globo terrestre.

[...] Em Roma o relógio solar podia ser novidade, mas entre os egípcios tratava-se de um velho conhecido. Desde por volta do ano 3000 a.C. eles utilizavam um sistema que consistia em uma haste vertical, paralela ao eixo da Terra, montada sobre uma base. Na Grécia antiga a técnica foi aperfeiçoada: a projeção atingia uma tigela graduada, que era dividida em partes iguais. A duração do dia era medida de acordo com a sombra projetada ali. O que parece um mecanismo simples é, na verdade, um esquema imenso que envolve o Sol e a Terra. [...] Nesse tipo de relógio, as sombras são a ponta de um sistema que registra o movimento aparente do Sol no céu. "O relógio solar mostra a posição da sombra de uma haste fixada no centro. Mas essa posição varia não somente com a hora do dia, mas com a órbita da Terra em torno do Sol", diz o professor Kepler de Oliveira, chefe do departamento de Astronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É daí também que surge a definição do que chamamos de sentido horário. No hemisfério norte, a sombra projetada pelo Sol caminha marcando as horas da esquerda para a direita. Quando os relógios mecânicos foram inventados, no século 14, os fabricantes resolveram manter o sentido para evitar confusões.

[...]



O relógio de Sol já utilizado pelos egípcios desde 3000 a.C.

Paul Almsy/Corbis/Latinstock

GOMES, João Paulo. À luz de sombras. *Superinteressante*, São Paulo, n. 201, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.super.abril.com.br/ciencia/luz-sombras-444547.shtml>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

Fonte: BONJORNIO, José Roberto et al. **Física**: Termologia, Óptica e Ondulatória. 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

Apêndice B3

Atividade 3: A luz tem cor?

Objetivo Geral

Verificar as cores secundárias para luz através dos experimentos.

Objetivos específicos

- Analisar a composição da luz branca;
- Verificar as cores secundárias para luz.

Estratégia metodológica

No primeiro momento, a aula terá início com o questionamento **A luz tem cor?** A partir, será feito o experimento “Composição da luz em cores” onde sobrepondo três lanternas, nas cores azul, verde e vermelha, que são as cores primárias para a luz, na parede branca, para verificar a composição da luz branca, nas cores secundárias para luz que são o magenta, o ciano e o amarelo.

No segundo momento da aula, os alunos receberão uma folha contendo a atividade de misturas de tintas e que cores eles acreditavam que poderiam ser obtidas com as misturas. Depois de preenchido, os alunos poderão utilizar as tintas para verificar o resultado correto de suas misturas. É importante ressaltar aos alunos que, ao misturar os pigmentos de cores diferentes deve-se manter as mesmas quantidades, para obter o resultado correto.

Recursos utilizados

Lanterna; Papel celofane (vermelho, verde e azul), Tintas de diversas cores.

Avaliação

Os alunos deverão registrar por escrito suas observações dos experimentos “Composição da luz em cores” e “Misturando os pigmentos de cores”.

Referencial

MENEZES, Luís Carlos. et al. **Coleção Quanta Física**. 2° ano. 1. Ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

ATIVIDADE PROPOSTA - Mistura de cores

1. Neste primeiro momento, relate sua observação sobre o experimento “Composição da luz em cores” sobrepondo de duas a duas as três lanternas com filtro nas cores: azul, verde e vermelha, e posteriormente, as três cores no mesmo instante.
2. Neste experimento “Misturando os pigmentos de cores”, preencha a tabela abaixo:

CORES	O QUE VOCÊ ACHA?	RESULTADO
VERMELHO + AMARELO		
AMARELO + AZUL		
PRETO + BRANCO		
VERMELHO + AZUL		
BRANCO + VERMELHO		
VERMELHO + VERDE		

3. O que você tem a dizer sobre a mistura de cores utilizando filtros e com os pigmentos?

Apêndice B4

Atividade 4: Como a visão de cor funciona?

Objetivo Geral

Explorar o simulador “Visão de cor” observando os resultados obtidos com o experimento “Composição da luz em cores” da atividade anterior.

Objetivos específicos

- Observar os resultados obtidos da atividade anterior;
- Verificar os conceitos dos alunos referentes ao conteúdo estudado através da escrita.

Estratégia metodológica

Individualmente os alunos irão explorar o simulador por alguns minutos e após, o professor entregará a folha da atividade proposta. Será importante pedir aos alunos responderem a atividade fazendo uma relação com a da aula anterior.

Recursos utilizados

Simulador Phet colorado,
Computador.
Folha da atividade para registro.

Avaliação

Cada aluno após o término da atividade deverá fazer o registro por escrito de suas observações descrevendo o que o simulador proporcionou no entendimento do conteúdo abordado.

Referencial

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/color-vision

ATIVIDADE PROPOSTA - Visão de cor – explorando o simulador

Explore o simulador e responda:

1. O que você observou com as lâmpadas RGB, ao variar as suas intensidades?
2. Na aba do simulador “Uma lâmpada” descreva o que você observou ao utilizar os dois tipos de lâmpada (branca e monocromática) em conjunto com o filtro.
3. Além das questões anteriores, o que mais você observou no simulador.

Apêndice B5

Atividade 5: Composição e decomposição da luz – Como produzir arco-íris?

Objetivo Geral

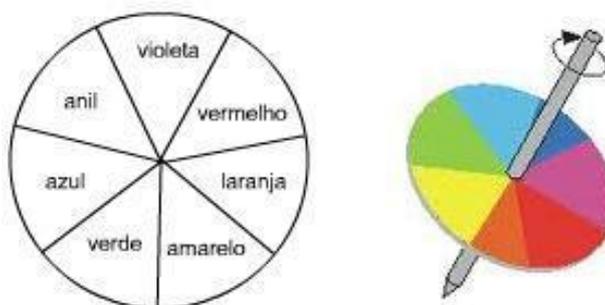
Analisar a composição e a decomposição da luz branca.

Objetivos específicos

- Construir um disco de Newton para verificar a composição da luz branca,
- Verificar com o prisma a decomposição da luz branca.

Estratégia metodológica

Inicialmente os alunos irão receber o texto didático “O experimento crucial de Newton sobre a decomposição da luz”. Após a leitura irão pintar o papel com as 7 cores do arco-íris e colar no CD para coloca-lo a girar como um pião.



Fonte: <https://www.institutonetcclaroembratel.org.br/educacao/para-ensinar/planos-de-aula/luz-e-cor/>

Após os alunos com o prisma, irão observar o fenômeno que acontece com a luz do sol e registrar por escrito sua observação.

Recursos utilizados

- 1 CD;
- Lápis;
- Caixa de lápis de cor com 12 ou mais cores;
- Papel A4;
- Tesoura;
- Cola.
- Prisma



PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e História

O experimento crucial de Newton sobre a decomposição da luz

Os primeiros estudos científicos sobre a mistura de cores foram realizados por Newton em 1666. Nessa época os cientistas já tinham conhecimento que a luz branca do Sol, ao atravessar um prisma originava feixes coloridos. Acreditavam que a luz branca era uma luz pura, “tingida” pelo prisma, adquirindo as cores durante a passagem pelo vidro.

Newton realizou então uma experiência muito simples, que demonstrou ser falsa a ideia de que o “tingimento” da luz era feito pelo prisma. Pegou um prisma de vidro totalmente polido e o colocou frente a um orifício que ele mesmo fizera na janela do seu quarto. Verificou que a luz proveniente do Sol se dispersava em feixes coloridos e a esse conjunto chamou de **spectrum**.

Em seguida, Newton realizou o “experimento crucial”: com um anteparo, eliminou a passagem de todas as cores do “spectrum” com exceção de uma e fez com que essa passasse por um segundo prisma. O feixe emergente era mais espesso, mas a cor permaneceu inalterada. Concluiu, portanto, que um prisma nada acrescenta a um feixe de luz que o atravessa. Dessa forma, Newton propôs que a luz branca não era pura, mas sim formada pela superposição de todas as cores do espectro, e concluiu ainda que a luz se decompõe ao atravessar o prisma porque cada cor se refrata sob um ângulo diferente.

Essas conclusões só foram comunicadas por Newton por meio de uma carta para a Royal Society, em 19 de fevereiro de 1671. Nas palavras do físico inglês:

[...] tendo escurecido meu quarto e feito um pequeno orifício na folha da janela a fim de deixar entrar uma quantidade conveniente de luz solar, coloquei o meu prisma no orifício de modo que a luz pudesse ser refratada, por esse processo, para a parede oposta. No começo foi uma diversão muito agradável ver as cores vivas e intensas produzidas por aquele processo [...] as cores não são qualidades da luz, derivadas das refrações ou reflexões dos corpos naturais (como se acredita geralmente); são propriedades originais e inatas que diferem em raios diferentes. Alguns raios tendem a apresentar uma cor vermelha e nenhuma outra, outros uma cor amarela e nenhuma outra [...] a espécie da cor e o grau de refringência próprios de qualquer tipo particular de raio não se modificam por refração nem por reflexão dos corpos naturais, nem por qualquer outra causa que já tenha observado. Quando qualquer tipo de raio era bem separado de outros tipos, ele mantinha obstinadamente a sua cor, apesar dos meus esforços para modificá-la.

NEWTON, I. **Óptica**. Tradução, Introdução e Notas de André Koch Torres Assis. 1. ed. 1. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

BONJORNO, J. R. et al. Física: Termologia, Óptica e Ondulatória. 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

Referencial

<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-disco-newton.htm>

<http://www.neteducacao.com.br/experiencias-educativas/ensino-medio/fisica/luz-e-cor>

<https://pt.wikihow.com/Fazer-um-Arco-%C3%8Dris>

Apêndice B6

Atividade 6: Virando o mundo de cabeça para baixo

Objetivo Geral

Pesquisar sobre a construção de uma câmara escura de orifício e suas relações ópticas e geométricas.

Objetivos específicos

- Verificar a propagação retilínea da luz e a inversão da imagem;
- Compreender a relação entre a altura do objeto, altura da imagem, distância entre o objeto e a câmara e o comprimento da câmara;
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

A aula terá início com a proposta dos alunos pesquisarem sobre a câmara escura de orifício, as etapas de construção e os materiais necessários. No segundo momento, a divisão da turma em grupos, a fim de organizar qual componente será responsável por cada material para trazer na próxima aula. Por fim, os alunos receberão o material Para saber mais, cujo texto “Faça sua câmara escura de orifício”, aprofunda a pesquisa numa perspectiva histórica.

Avaliação

Cada aluno irá registrar suas observações a respeito do assunto abordado, descrevendo assim, o que aprendeu com sua pesquisa, com o material recebido e com a orientação do professor.

Referencial

CAVALCANTE, Kleber G. **"Construção de uma Câmara Escura de Orifício"; *Brasil Escola***. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/construcao-uma-camara-escura-orificio.htm>>. Acesso em 15 de agosto de 2017.

Para saber mais

Faça sua câmara escura de orifício

A câmara escura, protótipo da câmara fotográfica dos dias de hoje, já era conhecida e estudada desde a Antiguidade. Aristóteles comentou sobre o princípio da formação das imagens e suas observações foram preservadas por eruditos árabes durante os anos de ocupação na Europa. Al-Hazem (965-1039), cientista árabe, utilizava esse sistema para observar indiretamente os eclipses solares, uma vez que esse processo resulta num ótimo aparato para se realizarem medidas, pois se obtém uma imagem projetada do astro, que é proporcional à real e, além disso, era uma forma de observar os eclipses solares indiretamente.

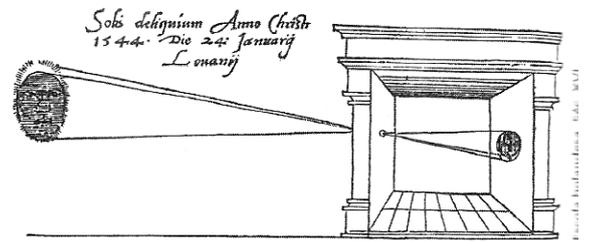
Leonardo da Vinci (1452-1519) também se interessou pela câmara escura, mas foi Giambattista della Porta (1538-1615) que transformou esse instrumento em objeto de investigação, adaptando-lhe uma lente convexa no orifício.

Desde então houve um grande interesse em fixar as imagens obtidas na câmara, pois elas não duravam muito tempo. Paralelamente, desenvolviam-se estudos sobre as possíveis ações químicas da luz. Em 1802, o químico inglês Thomas Wedgwood descobriu que podiam ser fixadas imagens sobre um papel que estivesse recoberto por uma fina camada de cloreto ou nitrato de prata (utilizado na fabricação de espelhos). Mas a luz proveniente da câmara escura era muito fraca para sensibilizar o papel.

Em 1833, o pintor francês Hercule Florence, residente em Campinas, estado de São Paulo, usou cloreto de ouro nas suas experiências. Por indicação de Joaquim Correia de Melo, Florence passou a testar a ureia como fixador – os indígenas brasileiros usavam urina para fixar cores em tecidos.

O físico, inventor e pintor francês Jacques Daguerre (1787-1851) obteve em 1826 os melhores resultados para a fixação de imagens em uma chapa fotográfica. Após testar diversos materiais, verificou que o mais adequado para fazer isso era o cobre.

Fonte: BONJORNO, José Roberto et al. **Física: Termologia, Óptica e Ondulatória**. 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.



Primeira ilustração publicada sobre uma câmara escura, utilizada para observar o eclipse solar de 1544.

Atividade proposta – Virando o mundo de cabeça para baixo.

Descreva o que você aprendeu de Física com essa atividade.

Apêndice B7

Atividade 7: Interlocução entre teoria e prática. O que aprendi sobre a câmera escura de orifício?

Objetivo Geral

Construção de uma câmera escura onde seja possível visualizar imagens e trabalhar com as relações ópticas e geométricas.

Objetivos específicos

- Verificar a inversão da imagem;
- Compreender a relação entre a altura do objeto, altura da imagem, distância entre o objeto e a câmera e o comprimento da câmera;
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

Inicialmente cada grupo irá construir sua câmera escura, sendo um componente do grupo com auxílio de um celular, o responsável em registrar a montagem e confeccionar a edição do vídeo. Na gravação, os alunos devem explicar a experimentação da câmera escura de orifício colocando objetos em diferentes distâncias.

Avaliação

Consta na construção de uma câmera escura de orifício e o registro em vídeo de cada grupo para socializar para a turma.

Referencial

CAVALCANTE, Kleber G. **"Construção de uma Câmara Escura de Orifício"; *Brasil Escola***. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/construcao-uma-camara-escura-orificio.htm>>. Acesso em 15 de agosto de 2017.

FTD Educação. Física: Da Cosmologia à Óptica. Módulo 1, cap. 2, 2016.

Apêndice B8

Atividade 8: A luz e a sua refração: Será ilusão de Óptica?

Objetivo Geral

Verificar o fenômeno da refração associado à propagação retilínea da luz.

Objetivos específicos

- Analisar a propagação retilínea da luz.
- Definir o índice de refração de um meio;
- Aplicar a lei de Snell-Descartes na resolução de problemas elementares.
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

A aula terá início com a entrega do material didático “A luz e a sua refração” e, após leitura, os alunos poderão fazer o experimento: “Relação angular entre os raios incidente e refratado”. Por fim os alunos farão seus registros a respeito do experimento e a resolução dos exercícios.

Avaliação

O aluno após o término da atividade deverá fazer seu registro através das suas observações e os exercícios propostos.

Referencial

FTD Educação. Física: Da Cosmologia à Óptica. Módulo 1, cap. 3, 2016.

MENEZES, Luís Carlos. et al. **Coleção Quanta Física**. 2º ano. 1. Ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

Material didático

COLEGIO ESTADUAL LEMOS JUNIOR

Componente curricular: Física

Estudo da Óptica – 3º TRIMESTRE 2017

A luz e a sua refração

Quando a luz passa de um meio material para outro meio a velocidade da luz sofre uma pequena modificação e quando a incidência do raio luminoso não é oblíqua, a direção de propagação deste raio também sofre modificação.

Índice de refração

Ao mudar de meio a luz altera sua velocidade de propagação. Isto é de certa forma esperado, pois ao aumentarmos a densidade de um meio, maior será a dificuldade de propagação nele. Os fótons de luz sofrem interferência com as partículas do meio, ocasionando a redução na velocidade. Denominamos “c” a velocidade da luz no vácuo. E num meio natural qualquer, a velocidade da luz é “v” que é menor do que c. Portanto, podemos sempre escrever que:

O coeficiente n é o índice de refração que caracteriza o meio.
$$n = \frac{c}{v}$$
Onde alguns valores de índice de refração é: o do vácuo é 1, do ar é muito próximo de 1, da água 1,33.

Lei de refração

Um meio material será designado por meio (1), enquanto o outro meio será designado por meio (2). O índice de refração do meio (1) designaremos por n_1 enquanto o índice de refração do meio (2) designaremos por n_2 .

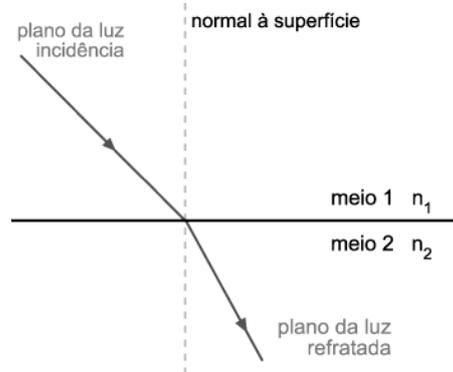
A 1ª lei de refração estabelece que o raio incidente, o raio refratado e a normal são coplanares, ou seja, pertencem a um mesmo plano.

A 2ª lei estabelece uma relação entre os ângulos de incidência, de refração e os índices de refração dos meios. Tal relação é conhecida como Lei de Snell-Descartes, em homenagem aos cientistas Willebrord Snell e René Descartes, sendo representada matematicamente como:

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

Numa refração, o produto do índice de refração do meio no qual ele se propaga pelo seno do ângulo que o raio luminoso faz com a normal é constante.

Quando a luz passa de um meio mais refringente para um menos refringente sua velocidade aumenta e ele se afasta da normal.



Fonte: <https://www.resumoescolar.com.br/fisica/determinacao-analitica-das-imagens-refracao-indice-e-elementos-da-refracao-da-luz/>

Em resumo:

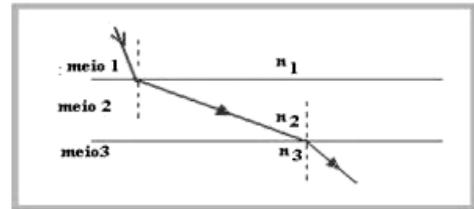
Fonte: <http://fisicaestibular.com.br/novo/optica/optica-geometrica/leis-da-refracao/>

Exercícios:

1. Quando a luz passa de um meio menos refringente para um mais refringente:
 - a) A frequência aumenta.
 - b) A frequência diminui.
 - c) O comprimento de onda aumenta.
 - d) O comprimento de onda diminui.
 - e) A velocidade aumenta.

2. (UFPR) Um raio de luz atravessa três meios ópticos de índices de refração absolutos n_1 , n_2 e n_3 , conforme a figura:

Sendo paralelas as superfícies de separação do meio 2 com os outros dois meios, é correto afirmar que:



- a) $n_1 > n_2 > n_3$
 - b) $n_1 > n_3 > n_2$
 - c) $n_2 > n_3 > n_1$
 - d) $n_2 > n_1 > n_3$
 - e) $n_3 > n_1 > n_2$
3. (FATEC-SP) Um estreito feixe de luz monocromática, proveniente do ar, incide na superfície de um vidro formando ângulo de 49° com a normal à superfície no ponto de incidência.

DADOS: $n(\text{ar}) = 1,00$ $n(\text{vidro}) = 1,50$ $\sin 49^\circ = 0,75$ $\cos 49^\circ = 0,66$

Nessas condições, o feixe luminoso refratado forma com a direção do feixe incidente ângulo de:

- a) 24°
 - b) 19°
 - c) 13°
 - d) 8°
 - e) 4°
4. (PUCCAMP-SP) Uma onda eletromagnética visível possui, no ar ou no vácuo, velocidade de $3 \cdot 10^8$ m/s e no vidro $1,73 \cdot 10^8$ m/s. Essa onda, propagando no ar, incide sobre uma superfície plana de vidro com ângulo de incidência de 60° . O ângulo de refração da onda, no vidro, vale:

Dados: $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0,50$ $\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = 0,87$

- a) 90°
- b) 60°
- c) 45°
- d) 30°
- e) Zero

Atividade proposta: Experimento Relação angular entre os raios incidente e refratado

1º) Com a caneta laser e com auxílio do transferidor, incide o feixe de luz do laser, de acordo com os dois ângulos do raio incidente, e preencha a tabela abaixo com os valores obtidos.

Ângulo de incidência	Ângulo de refração
30°	
45°	
60°	

2º) Utilizando a Lei de Snell-Descartes, calcule o valor do índice de refração absoluto do líquido contido no recipiente, referente a cada valor obtido do ângulo de refração. Considere: O valor do índice de refração do meio ar igual a 1 ($n_{ar}=1$).

Apêndice B9

Atividade 9: Refração - como quebrar um raio retilíneo de luz?

Objetivo Geral

Revisar o conceito do fenômeno da refração com o manuseio de um simulador Dobrando

Objetivos específicos

- Analisar a propagação retilínea da luz.
- Definir o índice de refração de um meio;
- verificar a velocidade da luz em diferentes meios;
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

A aula terá início com o simulador já instalado em cada computador da turma, assim os alunos poderão explorá-lo individualmente. Após alguns minutos, cada aluno receberá a atividade Dobrando luz - explorando o simulador, no propósito de relatar por escrito suas observações a respeito do fenômeno da refração da luz.

Nesta aula cada aluno poderá fazer uma relação com a atividade da aula anterior. Dessa forma poderá ser feita a revisão dos conceitos físicos da refração, a partir de cada ferramenta disponível no simulador.

Avaliação

O aluno após o término da atividade deverá fazer seu registro por escrito através de suas observações.

Referencial

FTD Educação. Física: Da Cosmologia à Óptica. Módulo 1, cap. 3, 2016.

MENEZES, Luís Carlos. et al. **Coleção Quanta Física**. 2º ano. 1. Ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

ATIVIDADE: Dobrando luz – explorando o simulador

Explore, detalhadamente, o simulador e suas ferramentas e, a partir de suas observações, escreva o que você compreendeu a respeito da refração da luz.

Apêndice B10

Atividade 10: A luz e a sua reflexão - Espelhos planos – imagens virtuais ou reais?

Objetivo Geral

Analisar a reflexão da luz utilizando espelhos planos.

Objetivos específicos

- Verificar a propagação retilínea da luz;
- Compreender o princípio da independência e da reversibilidade dos raios de luz;
- Analisar as leis da reflexão e o número de imagens virtuais entre dois espelhos planos.
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

A aula terá início com a entrega do material didático “Reflexão da luz em espelhos planos” e após a leitura será feita a atividade: Espelhos planos – imagens virtuais ou reais? Nesta atividade cada dupla receberá dois espelhos planos, a fim de verificar as leis da reflexão e as imagens refletidas, e o motivo pelo qual isso acontece.

A seguir, a dupla, irá analisar o que acontece quando colocado dois espelhos planos onde formam entre si, um determinado ângulo e, com isso, anotar o número de imagens de acordo com cada ângulo sugerido. Por fim, os alunos receberão o material Para saber mais, cujos textos “Fabricação de espelhos e A reflexão da luz e os filmes de terror”, destacam curiosidades a respeito do tema estudado.

Avaliação

Individualmente o aluno fará o registro por escrito de suas observações a respeito dos experimentos realizados.

Referencial

FTD Educação. Física: Da Cosmologia à Óptica. Módulo 1, cap. 2, 2016.

Material didático

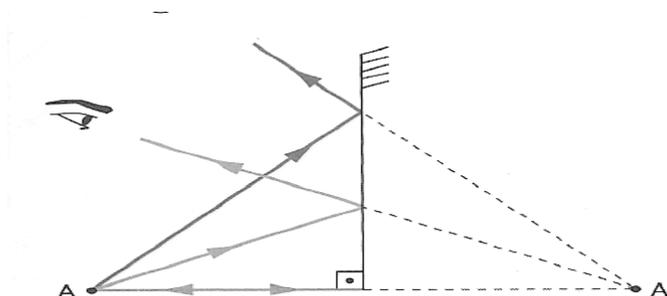
COLEGIO ESTADUAL LEMOS JUNIOR

Componente curricular: Física Estudo da Óptica – 3º TRIMESTRE 2017

Reflexão da luz em espelhos planos

Superfície plana onde ocorre a reflexão da luz que conjuga um objeto com um ponto imagem. Colocando um objeto luminoso A na frente de um espelho plano, observamos que os raios provenientes dele sofrem reflexão.

Os prolongamentos dos raios refletidos se cruzam no ponto A', chamado imagem virtual de A.

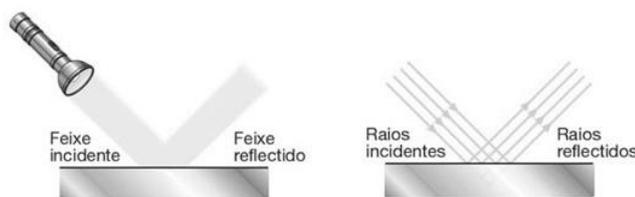


Fonte: <http://profemmanuel.blogspot.com/2016/12/espelhos-planos.html>

O objeto e sua imagem são simétricos em relação ao espelho. O ponto A objeto real é a intersecção efetiva dos raios de luz. O ponto A' imagem virtual é a intersecção dos prolongamentos dos raios de luz. O objeto e a respectiva imagem têm naturezas contrárias, isto é, se o objeto é real, a imagem é virtual, isto é, percebemos ao tentar ler palavras impressas quando as direcionamos em frente ao espelho, percebemos que as palavras estão contrárias.

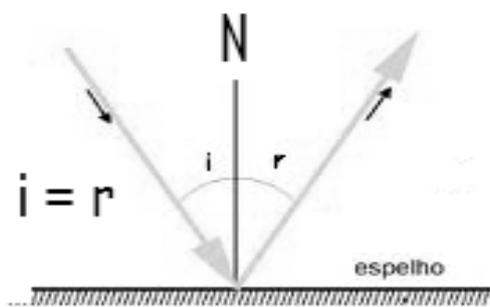
Leis da Reflexão

1º Lei: o raio incidente, o raio refletido e a normal são coplanares;



Fonte: <http://www.explicatorium.com/cfq-8/reflexao-da-luz.html>

2º Lei: o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.



Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/espelhos-planos.html>

Associação de espelhos planos

Quando a luz refletida por um espelho atinge um segundo espelho, dizemos que os espelhos estão associados. Podemos ter dois tipos de associação:

- Associação em paralelo – o número de imagens é infinito, pois cada imagem de um espelho faz o papel de um novo objeto para o outro espelho.
- Associação angular – quando dois espelhos planos com as superfícies refletoras formam um ângulo entre si. Podemos determinar a quantidade de imagens N de um ponto objeto colocado entre os dois espelhos a partir da atividade proposta nesta aula.

ATIVIDADE PROPOSTA - Espelhos planos – imagens virtuais ou reais?

1º) Com um espelho plano e com auxílio de uma régua, como podemos verificar a simetria entre imagem e objeto?

2º) Com o transferidor e dois espelhos plano associá-los nos seguintes ângulos: 120°, 90°, 60°, 45°, 36°, 30°, 20° e 0°. Anotar a quantidade de imagens formadas preenchendo a tabela abaixo.

Ângulos	Numero de imagens
0°	
30°	
36°	
45°	
60°	
90°	
120°	

3º) Utilizando a associação, responder as questões:

- Qual o ângulo que devemos colocar a associação de espelhos para obtermos 14 imagens?
- Existe alguma relação entre a quantidade de imagens e o ângulo formado entre os espelhos? Caso exista, qual é essa relação?

Para saber mais

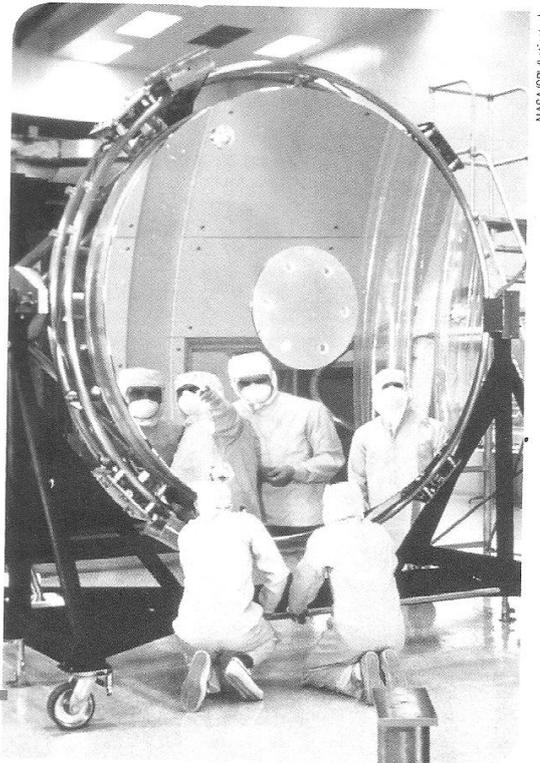
Fabricação de espelhos

Na Antiguidade, gregos e romanos utilizavam metais polidos como espelhos primitivos. A qualidade das imagens obtidas não era boa e a dimensão dos espelhos era, no máximo, do tamanho do rosto humano.

Em 1835, o químico alemão Justus von Liebig (1803-1873) aperfeiçoou significativamente o processo de fabricação de espelhos ao utilizar placas de vidro e camadas de prata superpostas. Atualmente, as placas de vidro que compõem o espelho são limpas com água quente e óxido de cério (CeO_2), para que óleos e outros contaminantes sejam removidos da superfície. Camadas de estanho líquido são depositadas sobre uma das superfícies da placa, para facilitar, por afinidade química, a aderência da prata, que é aplicada na forma de nitratos.

Esses processos são muito sofisticados e rigorosos, mais ainda quando são fabricados espelhos de precisão, que devem ser submetidos a grandes diferenças de temperatura, como no caso dos espelhos curvos utilizados em telescópios espaciais.

Espelho de precisão passando por inspeção de qualidade. Para aplicação em telescópios espaciais, ele tem de estar livre de qualquer contaminante externo.



NASA/SP/Latinstock

Fonte: FTD Educação. Física: Da Cosmologia à Óptica. Módulo 1, cap. 2, 2016.

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Cinema

A reflexão da luz e os filmes de terror

O cinema usa e abusa de cenas com reflexão da luz em espelhos planos, superfícies polidas e águas paradas: principalmente nos filmes de terror.

A ideia parece sempre ser a mesma: o personagem está em frente de um espelho – nada acontece. Desvia um pouco o olhar e, de repente, lá está refletido o personagem assustador.

Se não fosse pela imagem virtual conjugada à mesma distância do objeto refletido, com o mesmo tamanho, dificilmente o personagem conseguiria esboçar alguma reação contra a ameaça que chega pelas costas. Da próxima vez que for assistir a um filme de terror, fique atento às cenas envolvendo espelhos: é hora de agarrar a poltrona com mais força.

Fonte: BONJORNO, José Roberto et al. **Física**: Termologia, Óptica e Ondulatória. 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

Apêndice B11

Atividade 11: Como multiplicar o que enxergamos utilizando um caleidoscópio?

Objetivo Geral

Produzir um Caleidoscópio onde seja possível visualizar a reflexão da luz.

Objetivos específicos

- Verificar a propagação retilínea da luz e sua reflexão;
- Analisar os efeitos visuais em simetria nas formas e cores.

Estratégia metodológica

A aula terá início com a proposta de pesquisa do que é um caleidoscópio. Para isso será utilizado a sala de projeção para visualização de um vídeo. Será utilizado um vídeo que explicará a construção do aparato.

Para um segundo momento, haverá a divisão da turma em duplas para a construção do caleidoscópio. Cada dupla irá construir seu objeto e após, irão responder por escrito a pergunta: Qual o princípio básico de Óptica envolvido no funcionamento desse objeto.

Na sequência, haverá o momento interativo, em que as duplas trocarão seus caleidoscópios para visualizar os diferentes efeitos visuais. No término da aula, os alunos receberão o material Para saber mais, cujo texto “O funcionamento da fibra Óptica”, destaca curiosidades a respeito do tema estudado.

Avaliação

A avaliação engloba a participação e o envolvimento da dupla, bem como, o resultado funcional do objeto produzido, e a relação que se pode fazer das imagens que o objeto produz e o termo "simetria". Além disso, o relato a partir de um questionamento sobre o princípio básico de Óptica envolvido no funcionamento desse objeto e o que a dupla achou da experiência.

Referencial

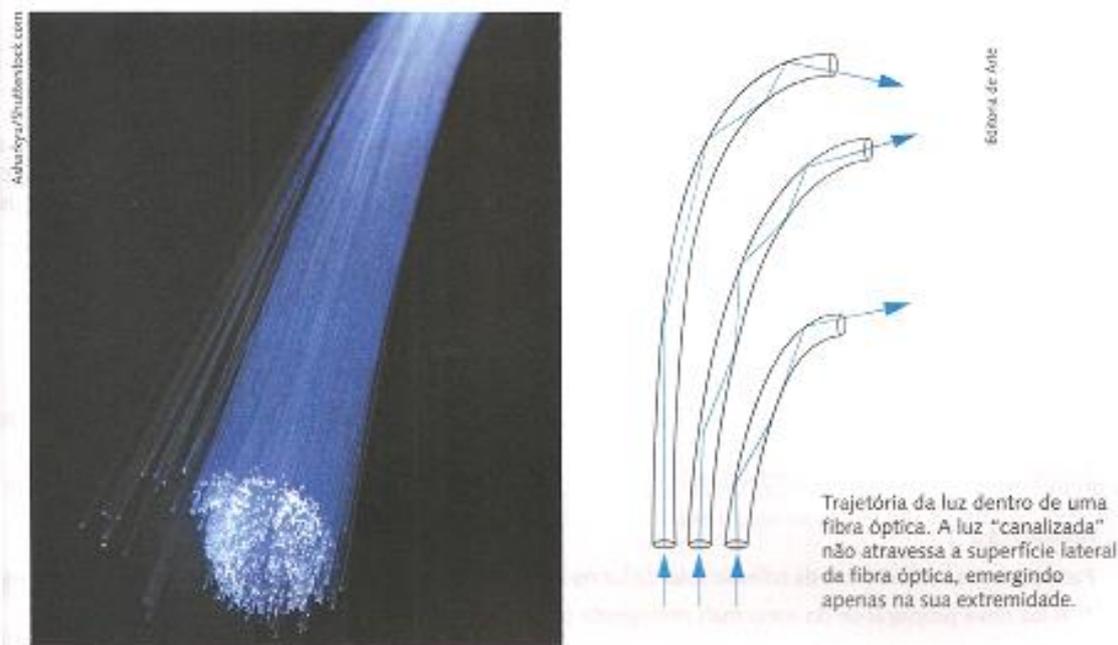
<https://www.youtube.com/watch?v=F5YpCIQpNXQ>

Para saber mais

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Tecnologia

O funcionamento da fibra óptica

Tubos de plástico, cobre e ferro ajudam a transportar a água da caixa-d'água para todos os pontos de uma casa. Fios de cobre e alumínio têm a mesma função quanto à eletricidade do poste da rua. No caso do transporte da luz, pode-se usar a tecnologia das fibras ópticas.



As fibras ópticas são fios transparentes, extremamente finos e flexíveis, constituídos basicamente por náilon ou vidro. Uma vez lançado um sinal luminoso nesses fios – que poderia ser, por exemplo, o arquivo digital do texto que você está lendo agora codificado por *lasers* ou LEDs –, a luz percorrerá a estrutura com velocidade próxima à velocidade que desenvolve no vácuo e, ao se chocar com a superfície de separação vidro/ar, não sofrerá refração, pois o ângulo de incidência do raio de luz será sempre superior ao do ângulo limite (por causa da mínima espessura do fio) e, conseqüentemente, haverá o fenômeno da reflexão total.

Dessa forma, por mais extenso que seja o cabo de fibra óptica e por mais curvas que o cabo tenha de fazer, a luz sempre estará contida na fibra.

Entre as aplicações mais significativas, podemos citar sua utilização na área da Medicina, como na transmissão de sinais *laser* de alta potência para cauterização e na telecomunicação, como a transmissão de dados digitais via internet banda larga, tevês por assinatura e telefonia fixa e móvel.

Fonte: BONJORNO, José Roberto et al. **Física**: Termologia, Óptica e Ondulatória. 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

Apêndice B12

Atividades 12: A luz e a sua reflexão - Espelhos esféricos – imagens virtuais ou reais?

Objetivo Geral

Analisar a lei da reflexão da luz em espelhos esféricos.

Objetivos específicos

- Verificar os tipos de espelhos esféricos;
- Compreender as formações das imagens.
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

No início da aula será feito um experimento para visualizar a reflexão dos raios luminosos passando pelo foco do espelho esférico côncavo. Para isso, será utilizada uma caneta laser, uma fonte de luz (lanterna de celular), um anteparo contendo fendas paralelas e um compasso para desenhar uma circunferência.

Após o experimento, será entregue aos alunos o material didático “Reflexão da luz em espelhos esféricos” contemplando as características das imagens formadas quando um objeto é colocado diante desse tipo de espelho para debatermos com a turma, sobre a utilização dos espelhos esféricos no cotidiano do aluno e as características das imagens de acordo com o parâmetro objeto/espelho.

No final, os alunos receberão o material Para saber mais, cujo texto “Construindo um forno solar com espelhos”, destacando curiosidades a respeito do tema estudado, assim como, alguns exercícios propostos para fixação.

Avaliação

O aluno após o término da atividade deverá fazer seu registro por escrito, através das suas observações e, a resolução dos exercícios propostos.

Referencial

MENEZES, Luís Carlos. et al. **Coleção Quanta Física**. 2º ano. 1. Ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

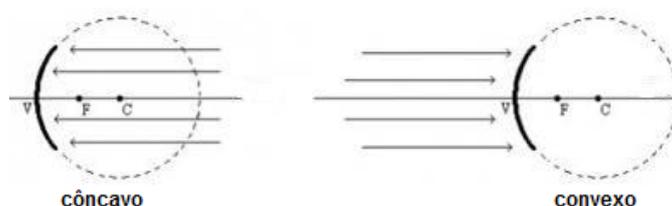
Material didático

COLEGIO ESTADUAL LEMOS JUNIOR

Componente curricular: Física Estudo da Óptica – 3º TRIMESTRE 2017

Reflexão da luz em espelhos esféricos

Superfície refletora com a forma de uma calota esférica. Temos dois tipos de espelhos esféricos:



Fonte: <https://www.algosobre.com.br/fisica/espelhos-esfericos.html>

Espelho esférico côncavo: face interna refletora de luz.

Espelho esférico convexo: face externa refletora de luz.

Elementos geométricos dos espelhos esféricos

Vamos analisar uma calota esférica e definir os principais elementos geométricos.

Onde:

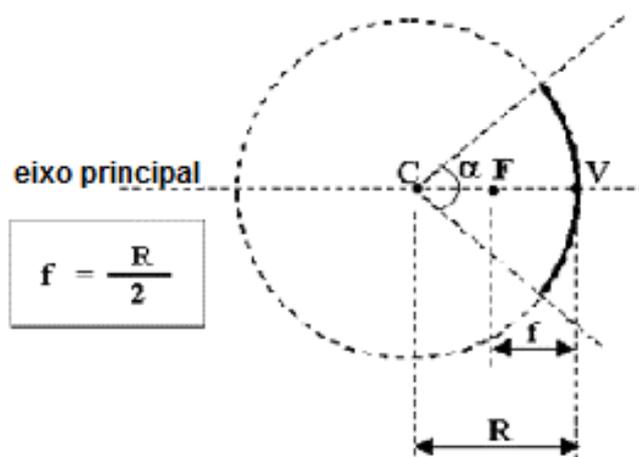
C= centro de curvatura;

f = distância focal;

F= foco principal;

α = ângulo de abertura;

V = vértice do espelho.



Fonte: <https://www.algosobre.com.br/fisica/espelhos-esfericos.html>

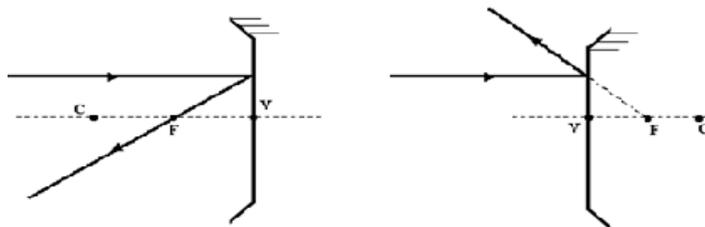
CONDIÇÕES DE NITIDEZ DE GAUSS

Para que os espelhos esféricos sejam capazes de fornecer uma imagem nítida de cada ponto do objeto é necessário que, na prática, certas condições propostas pelo físico e matemático Gauss sejam satisfeitas. Tais como:

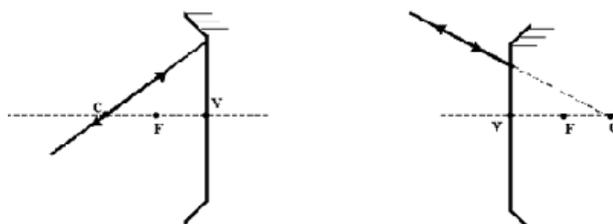
- 1ª) o espelho deve ter pequeno ângulo de abertura no máximo 10° ;
- 2ª) Os raios de luz incidentes devem estar próximos e pouco inclinados em relação ao eixo principal.

CONSTRUÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

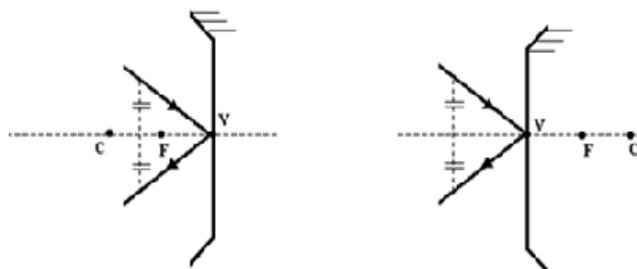
I) Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal, o raio refletido passa pelo foco principal.



II) Se um raio de luz incidir passando pelo centro de curvatura, o raio é refletido passando sobre si mesmo.



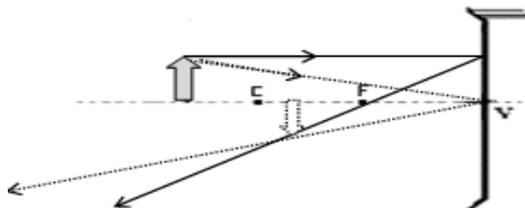
III) Se um raio de luz incidir no vértice do espelho, o raio refletido é simétrico em relação ao eixo principal.



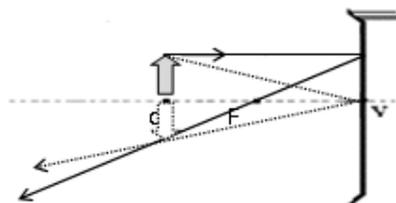
FORMAÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

ESPELHO ESFÉRICO CÔNCAVO

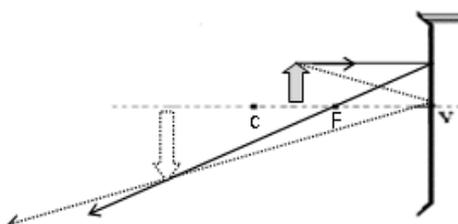
1º Caso: Objeto extenso localizado além do centro de curvatura de um espelho esférico côncavo.



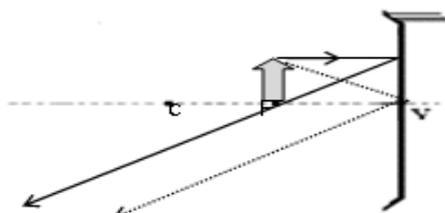
2º Caso: Objeto extenso localizado sobre o centro de curvatura de um espelho esférico côncavo.



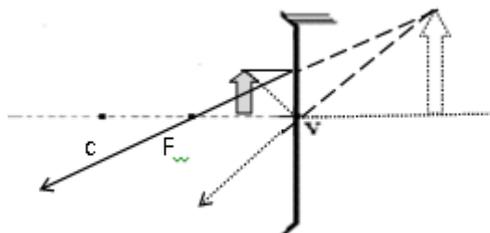
3º Caso: Objeto extenso localizado entre o centro de curvatura e o ponto focal (F) de um espelho esférico côncavo.



4º Caso: Objeto extenso localizado sobre o ponto focal (F) de um espelho esférico côncavo.

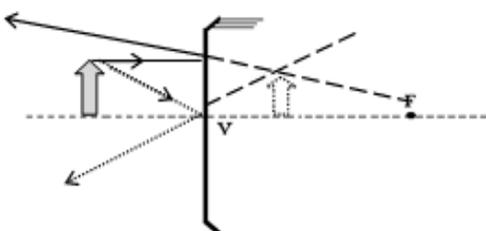


5º Caso: Objeto extenso localizado entre o ponto focal (F) e o vértice de um espelho esférico côncavo.



ESPELHO ESFÉRICO CONVEXO

Objeto extenso localizado em frente a um espelho esférico convexo.



ESTUDO ANALÍTICO DA IMAGEM

Equação de conjugação de espelhos esféricos: relação entre a posição do objeto (p), da imagem (p') e da distância focal do espelho.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

Aumento linear transversal (**A**): razão entre a altura da imagem i e a altura do objeto o .

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

Convenção de sinais:

$$\text{objeto} \begin{cases} \text{real} : p > 0 \\ \text{virtual} : p < 0 \end{cases}$$

$$\text{espelho} \begin{cases} \text{côncavo} : R > 0 \text{ e } f > 0 \\ \text{convexo} : R < 0 \text{ e } f < 0 \end{cases}$$

$$\text{imagem} \begin{cases} \text{real} : p' > 0 \\ \text{virtual} : p' < 0 \end{cases}$$

$$\text{altura da imagem} \begin{cases} \text{direita} : i > 0 \\ \text{invertida} : i < 0 \end{cases}$$

Exercícios

1. (UFMG) Um estudante colocou uma caneta a uma distância relativamente grande de uma colher bem polida e observou o tipo de imagem que aparecia na parte interna da colher. A imagem que ele viu, comparada com a caneta, era
 - a) maior, direta e virtual.
 - b) maior, invertida e real.
 - c) menor, invertida e virtual.
 - d) menor, direta e real.
 - e) menor, invertida e real.

2. (UFES) Quando aproximamos um objeto de um espelho côncavo,
 - a) sua imagem real diminui e afasta-se do espelho.
 - b) sua imagem real diminui e aproxima-se do espelho.
 - c) sua imagem real aumenta e afasta-se do espelho.
 - d) sua imagem real aumenta e aproxima-se do espelho.
 - e) sua imagem real não se altera.

3. (CESGRANRIO) Um objeto colocado muito além de C , centro de curvatura de um espelho esférico côncavo, é aproximado vagarosamente do mesmo. Estando o objeto colocado perpendicularmente ao eixo principal, a imagem do objeto conjugada por este espelho, antes de o objeto atingir o foco, é:
 - a) real, invertida e se aproxima do espelho.
 - b) virtual, direita e se afasta do espelho.
 - c) real, invertida e se afasta do espelho.
 - d) virtual, invertida e se afasta do espelho.
 - e) real, invertida, fixa num ponto qualquer.

4. (FUVEST) A imagem de um objeto forma-se a 40cm de um espelho côncavo com distância focal de 30cm. A imagem formada situa-se sobre o eixo principal do espelho, é real, invertida e tem 3cm de altura.
 - a) Determine a posição do objeto.
 - b) Construa o esquema referente a questão representando objeto, imagem, espelho e raios utilizados e indicando as distâncias envolvidas.

5. Um espelho de barbear côncavo, com raio de curvatura de 60cm, é posicionado de forma que a imagem do rosto de um homem é 3 vezes maior que a original. A que distância o homem está do espelho?

6. Um objeto de 4 cm de altura está a 30 cm de um espelho esférico convexo cujo raio de curvatura tem o valor absoluto 20 cm.
 - a) A que distancia do espelho se forma a imagem ?
 - b) Qual a altura da imagem ?

7. Para se maquiar uma moça se coloca-se a 20 cm d um espelho côncavo de 120cm de raio de curvatura. Com base nesses dados, determine:
 - a) posição da imagem.
 - b) distância entre o rosto da moça e a sua imagem.

Atividade proposta: Imagens reais ou virtuais?

Relate o que você compreendeu com o experimento realizado em aula.

Cite algumas aplicações dos espelhos esféricos indicando qual o tipo de espelho utilizado.

Para saber mais

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Tecnologia

Construindo um forno solar com espelhos

Além dos espelhos esféricos côncavo e convexo, há também os espelhos parabólicos.

Esses espelhos possuem diversas aplicações, assim como os esféricos, e são muito utilizados na construção de fornos solares.

O formato parabólico possibilita que esse tipo de forno atinja altas temperaturas, pois os raios solares se concentram em um único ponto, local onde a panela deve ser posicionada.

O forno solar funciona com o calor proveniente do Sol. Em regiões com condições climáticas favoráveis, essa é uma boa alternativa ao uso do gás de cozinha, derivado de petróleo.



Exemplo de forno solar feito com espelho parabólico.

Fonte: BONJORNIO, José Roberto et al. **Física**: Termologia, Óptica e Ondulatória. 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

Apêndice B13

Atividade 13: Feedback: Como percebo a Óptica no cotidiano?

Objetivo Geral

Sistematizar coletivamente o conhecimento produzido.

Objetivos específicos

- Verificar a importância do estudo da Física;
- Compreender os conhecimentos adquiridos.
- Contextualizar situações do cotidiano;

Estratégia metodológica

No início da aula os alunos receberão uma folha com quatro questionamentos para efetuarem seus registros. Feito isso, será realizada uma roda de conversa, onde os alunos poderão socializar seus registros e falar da experiência em terem participado das atividades.

Avaliação

Cada aluno deverá fazer seu registro por escrito e socializar para a turma.

Atividade: Feedback: Como percebo a Óptica no cotidiano?
Relato individual das atividades propostas.

1. O que você achou de realizar os registros escritos na aula de Física?
2. A sequência de atividades auxiliou você no aprendizado da disciplina? Explique de que forma.
3. Que aspectos você pode citar como sendo relevante nas atividades realizadas em grupo?
4. Como você relaciona o conteúdo de Óptica abordado nas atividades na aula de Física com o seu cotidiano?