



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Instituto de Física Gleb Wataghin

ANA CLÁUDIA RIBEIRO GUERRA PINHEIRO

A ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA COMO RECURSO PARA A  
DISCUSSÃO DE CONCEITOS DE ÓPTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

CAMPINAS  
2018

Ana Cláudia Ribeiro Guerra Pinheiro

A Atividade Experimental Investigativa como Recurso para a Discussão de Conceitos de  
Óptica no Ensino Fundamental

Dissertação apresentada ao Instituto de Física  
Gleb Wataghin da Universidade Estadual de  
Campinas como parte dos requisitos exigidos  
para a obtenção do título de Mestra em Ensino  
de Ciências e Matemática, na Área de Ensino  
de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi

Este trabalho corresponde à versão final da  
dissertação defendida pela aluna Ana Cláudia  
Ribeiro Guerra Pinheiro e Orientada pelo Prof.  
Dr. José Joaquín Lunazzi

CAMPINAS

2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha Catalográfica

Universidade Estadual de Campinas

Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin

Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

P655a Pinheiro, Ana Cláudia Ribeiro Guerra, 1986-  
A atividade experimental investigativa como recurso para a discussão de conceitos de óptica no ensino fundamental / Ana Cláudia Ribeiro Guerra Pinheiro. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: José Joaquín Lunazzi.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. Física experimental. 2. Ótica - Estudo e ensino. 3. Física - Estudo e ensino. I. Lunazzi, José Joaquín. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. III. Título.

**Informações para Biblioteca Digital**

**Título em outro idioma:** The experimental investigative activity as resource for the discussion of optical concepts in fundamental teaching

**Palavras-chave em inglês:**

Physics – Experiments

Optics - Study and teaching

Physics - Study and teaching

**Área de concentração:** Ensino de Ciências e Matemática

**Titulação:** Mestra em Ensino de Ciências e Matemática

**Banca examinadora:**

José Joaquín Lunazzi [Orientador]

Mauricio Urbain Kleinke

Mikiya Muramatsu

**Data de defesa:** 22-08-2018

**Programa de Pós-Graduação:** Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

Dissertação de Mestrado defendida por Ana Cláudia Ribeiro Guerra Pinheiro, aprovada em 22 de agosto de 2018 pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi – Orientador

Prof. Dr. Maurício Urbain Kleinke – Titular

Prof. Dr. Mikiya Muramatsu - Titular.

Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no Sistema de Fluxo de Dissertação da aluna.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, Osvaldo, Rosa Fernanda, Alzira, Ederson, Zilda e Juliana. Que suportaram meus dias de trabalho, de ansiedade, com muita paciência e carinho, me apoiando. Em especial ao meu esposo Ederson, que esteve comigo em todos os momentos, com as palavras certas, nos momentos oportunos, que me conduziram até esse momento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que me conduziu até esse momento iluminando todos os meus dias de trabalho e estudos.

Agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi, por sua dedicação em todos os momentos, por dividir comigo sua experiência no ensino de Óptica para que pudesse concluir esse trabalho com sucesso, sem o qual nenhuma das ações poderia ter sido idealizada.

Não poderia deixar de agradecer à equipe de administração do PECIM, que em momentos de necessidade sempre estiveram à disposição.

Meus sinceros agradecimentos também à Escola participante bem como aos docentes e funcionário envolvidos, por permitirem que as atividades pudessem acontecer com muita compreensão e colaboração.

## RESUMO

No contexto das pesquisas em ensino de ciências, é crescente a preocupação com sua qualidade. O ensino de ciência deve proporcionar ao estudante habilidades e conhecimentos úteis para compreender melhor sua realidade e ser ativo em seu processo de aprendizagem. Compartilhando dessa mesma preocupação, muitas questões motivaram esse trabalho, como: O que significa ensinar Física hoje? Como proporcionar ao aluno novas formas de compreender os conceitos de Óptica e fazê-lo participar ativamente de seu processo de aprendizagem? Visando responder a essas questões, e acreditando no potencial de aprendizagem das Atividades Experimentais Investigativas, foi elaborada uma sequencia de atividades experimentais em Óptica Geométrica, para estudantes de 9º ano do Ensino Fundamental. As atividades propostas permitiram discutir conceitos sobre a propagação retilínea da luz, da formação de sombras e de imagens, bem como compreender o sistema de visão. Duas discussões foram fundamentais para dar sustentação ao trabalho. Inicialmente, a importância da investigação das Concepções Alternativas dos estudantes no planejamento das AEI, comparado dados da literatura com aqueles obtidos em um questionário diagnóstico, e com as formulações de conceitos existentes durante as atividades. Adicionalmente, a teoria sóciohistórica de Vygotsky, que permitiu analisar as relações entre os estudantes e o papel do professor mediador na AEI, proporcionando perceber as contribuições da discussão e da participação do estudante em seu processo de aprendizagem.

Palavras -Chave: Experimentação investigativa, Ensino de Óptica, Ensino de Física

## ABSTRACT

In the context of research in science education, the concern with its quality is growing. Science education should provide students with skills and knowledge useful to better understand their reality and to be active in their learning process. Sharing this same concern, many questions motivated this work, such as: What does it mean to teach physics today? How do you provide the student with new ways to understand the concepts of Optics and make them actively participate in their learning process? Aiming to answer these questions, and believing in the learning potential of the Investigative Experimental Activities, a sequence of experimental activities in Geometric Optics was elaborated, for students of 9th grade of Elementary School. The activities covered allowed discuss concepts about the rectilinear propagation of light, the formation of shadows and images, as well as understanding the vision system. Two discussions were fundamental to sustain the work. Initially, the importance of the investigation of alternative conceptions of students in the planning of AEI, comparing data of the literature with those obtained in a diagnostic questionnaire, and with the formulations of concepts that exist during the activities. In addition, Vygotsky's sociohistorical theory, which allowed us to analyze the relations between the students and the role of the mediator teacher in the AEI, allowing us to perceive the contributions of the student's discussion and participation in his learning process.

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>12</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. Contextualização</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2. Experimentos no ensino de Física</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3. Experimentos Investigativos</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4. Experimentos em Óptica</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5. Conceitos de Óptica Geométrica</b> .....	<b>37</b>
<b>2.6. Concepções Alternativas</b> .....	<b>43</b>
<b>2.6.1. Concepções alternativas em Óptica</b> .....	<b>49</b>
<b>2.7. O professor Mediador</b> .....	<b>59</b>
<b>2.8. A concepção de Experimentação em Vygotsky</b> .....	<b>61</b>
<b>3. Metodologia</b> .....	<b>63</b>
<b>3.1. Justificativa do paradigma</b> .....	<b>63</b>
<b>3.2. Etapas de desenvolvimento da pesquisa</b> .....	<b>65</b>
<b>3.3. Contexto da pesquisa</b> .....	<b>65</b>
<b>3.4. Instrumentos de coleta de dados</b> .....	<b>67</b>
<b>3.4.1. Questionário de Concepções Alternativas</b> .....	<b>68</b>
<b>3.4.2. Registros em vídeos e áudios</b> .....	<b>69</b>
<b>3.4.3. Registros realizados pelos alunos</b> .....	<b>70</b>
<b>3.4.4. O diário de campo</b> .....	<b>70</b>
<b>3.4.5. Entrevistas</b> .....	<b>71</b>
<b>3.5. Desenvolvimento</b> .....	<b>72</b>
<b>3.5.1. O contexto de elaboração das atividades</b> .....	<b>72</b>
<b>3.5.2. Características gerais das AEI</b> .....	<b>77</b>
<b>4. Resultados</b> .....	<b>85</b>
<b>4.1. Questionário de concepções alternativas</b> .....	<b>85</b>
<b>4.2. Propriedades da luz: reflexão, propagação retilínea e absorção</b> .....	<b>86</b>
<b>4.3. Formação das sombras e suas características</b> .....	<b>90</b>
<b>4.4. Movimento da luz</b> .....	<b>95</b>
<b>4.5. Formação de Imagens na Câmara Escura de Orifício e os processos de visão</b> ..	<b>97</b>
<b>4.6. Processos de Visão</b> .....	<b>104</b>

4.7. A motivação e o engajamento como resultados das AEI .....	108
5. Discussão.....	110
6. Conclusão.....	111
7. Referências.....	113
8. Anexos .....	117
Anexo I - Questionário Diagnóstico .....	117
Anexo II - Transcrição dos diálogos .....	119
Anexo III - Transcrição das entrevistas com os estudantes .....	137
Anexo IV - Parecer de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa .....	143

### Índice de Figuras

Figura 1 - Imagem utilizada na atividade. ....	32
Figura 2 - Realização da atividade experimental "La Nube" .....	35
Figura 3 - a) Espelho utilizado no experimento "La Nube" b) Dimensões do encaixe para o nariz.....	36
Figura 4 - Modelo da Câmera escura de orifício proposta por Lunazzi.....	36
Figura 5 - Histórico das pesquisas em Física .....	38
Figura 6 - Formação de sombra por lâmpada de filamento: à esquerda, o esquema físico e à direita a situação geométrica. ....	39
Figura 7 - Diferenças da nitidez de uma sombra realizada por meio do Sol quando o objeto está: a) próximo da tela; b) afastado da tela .....	40
Figura 8 - Radiômetro de Crookes do evento "Veja a Luz como nunca viu" <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 9 - Esquema geométrico da Câmera escura de orifício .....	41
Figura 10 - Esquema das estruturas do olho humano.....	42
Figura 11 - Imagem proposta por Guesne (In. DRIVER et. al. p. 56, 1999) que representam a evolução das concepções dos estudantes em relação ao processo de visão. ....	53
Figura 12 - Concepção denominada "Banho de Luz" .....	54
Figura 13 – concepção de visão incompleta: não estabelece relação entre o olho e a luz .....	54
Figura 14 - Concepção de visão que relaciona olhos, fonte de luz e objeto .....	54

Figura 15 - concepção correta de visão .....	55
Figura 16: Laboratório de Ciências da Escola .....	67
Figura 17 - Sombra 3D observada com óculos para visão tridimensional.....	74
Figura 18 - Prisma de ângulo variável .....	74
Figura 19 - Reflexão demonstrada com uma fenda e um espelho esférico.....	75
Figura 20 - a) Radiômetro; b) Demonstração utilizando vidro simples, hematita e pirita.....	75
Figura 21 - Interferômetro de Michelson caseiro em funcionamento .....	75
Figura 22 - Imagem de um Holograma da exposição .....	76
Figura 23 - Sistema caseiro para gravação de hologramas .....	76
Figura 24 - Imagens produzidas por Holoprojetor .....	76
Figura 25: Apresentação das atividades: mensagem de Boas Vindas.....	79
Figura 26 - Materiais disponíveis para o experimento 1 .....	80
Figura 27- materiais utilizados no experimento 2 .....	81
Figura 28 - Estudantes realizando a investigação sobre as sombras .....	81
Figura 29 - Montagem experimental do projetor caseiro .....	82
Figura 30:materiais disponíveis para a montagem da Câmara Escura de Orifício .....	83
Figura 31- lâmpada de emergência adaptada como fonte de luz .....	83
Figura 32 - Aluno observando a lâmpada com a Câmara Escura de Orifício .....	84
Figura 33 - Imagens formada pela Câmara Escura, com dois orifícios, registradas por dois grupos de alunos.....	84
Figura 34: Sequencia de sombras descrevendo o movimento da sombra, produzida pelo movimento da lanterna sobre o objeto. ....	92
Figura 35 - Montagem do Relógio de Sol .....	95
Figura 36: Confecção da Câmara Escura de Orifício .....	98
Figura 37: Confecção da Câmara Escura de Orifício .....	99
Figura 38 - Construção da Câmara Escura de Orifício .....	102
Figura 39: Imagem formada apela Câmara Escura de Orifício.....	103
Figura 40: momento de discussão após montagem da Câmara Escura de Orifício .....	104
Figura 41: Momento de discussão.....	105
Figura 42: momento de discussão após a montagem da Câmara Escura de Orifício .....	106

## **1. Introdução**

O presente trabalho levanta algumas questões e pontos críticos apontados pela literatura e por minha experiência em relação ao ensino de Física nas séries finais do Ensino Fundamental. Na busca por métodos de ensino que permitam maior participação dos estudantes e melhor compreensão dos conceitos, foi elaborada uma sequência de Atividades Experimentais Investigativas em óptica, como alternativa para discutir conceitos em Física.

A pesquisa em questão foi realizada com estudantes do 9º ano do ensino fundamental de uma escola municipal. Vale ressaltar que a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa da Unicamp, e sua realização aprovada.

A prática docente geraram algumas questões: O que significa ensinar Física hoje? Como proporcionar ao aluno novas formas de compreender os conceitos Físicos? É possível fazê-lo participar ativamente de seu processo de aprendizagem?

Essas questões me motivaram na busca por diferentes abordagens de ensino que permitissem a participação efetiva do aluno durante as aulas de Ciências bem como a melhor compreensão dos conceitos abordados.

Durante minha trajetória docente fiz uso das atividades experimentais, em diferentes formatos e abordagens, desde demonstrações até a preparação e apresentação de experimentos pelos estudantes. Entretanto, planejar e realizar experimentos não estavam produzindo efeitos significativos na aprendizagem, e tão pouco estimulavam a participação dos estudantes. Fato esse demonstrado também na literatura referente ao ensino por experimentação.

Nesse sentido surgiu a motivação para compreender a abordagem experimental investigativa. Nossa discussão demonstra que essa abordagem experimental é capaz de proporcionar engajamento e reflexão dos estudantes a cerca dos conteúdos escolares, entretanto, considerando alguns pressupostos para sua elaboração e execução. O conhecimento das concepções alternativas dos estudantes e a valorização delas no momento da atividade, bem como a importância das relações sociais no ambiente de educação, baseadas na teoria de Vygotsky e o papel do professor mediador, trouxeram elementos para potencializar os resultados de uma atividade experimental investigativa.

Nesse sentido, o principal objetivo do trabalho foi utilizar as Atividades Experimentais Investigativas para discutir conceitos de óptica geométrica, com intensa participação dos estudantes no processo de aprendizagem.

## **2. Revisão Bibliográfica**

Inicialmente apresentaremos um breve panorama do ensino de Física no Brasil, passando pelas propostas de ensino por experimentação. Nesse sentido, discutiremos mais profundamente a experimentação investigativa, e finalmente o que vem sendo realizado no cenário experimental de ensino de óptica. O estudo das concepções alternativas em óptica foi apresentado com o propósito de fundamentar a interpretação de nossos resultados

### **2.1. Contextualização**

O ensino de Física, e de ciências de maneira geral, vem sendo amplamente discutido ao longo dos anos, em busca de modificações e alternativas que produzam melhorias na aprendizagem escolar, como mencionam Araujo et. al. (2003), Borges (2002) entre outros.

Observando o cenário educacional brasileiro recente e seus documentos oficiais, desde a elaboração dos PCNs (BRASIL, 1997) até a proposta atual da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), objetivos desafiadores vêm sendo definidos para a educação científica. Esses convergem para a formação de um cidadão crítico, capaz de relacionar conhecimentos científicos com sua realidade social, transformando-a.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) propuseram em seus objetivos um ensino que permita ao aluno:

[...] posicionar-se de maneira crítica, responsável e construtiva nas diferentes situações sociais, utilizando o diálogo como forma de mediar conflitos e de tomar decisões coletivas; Questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação (BRASIL, 1997, p. 7-8).

Assim, é notória a preocupação com um ensino científico que permita a participação do estudante em seu processo de ensino, de forma crítica.

Atualmente essa preocupação foi reforçada pela BNCC (2017), determinando que para um ensino de Ciências transformador, devemos “[...] fortalecer a autonomia desses adolescentes, oferecendo-lhes condições e ferramentas para acessar e interagir criticamente com diferentes conhecimentos e fontes de informação (BRASIL, 2017. p. 58).”

Saindo do cenário das publicações relacionadas ao Ministério da Educação, também é possível encontrar essa preocupação. Autores da área de ensino de Física, como Robilotta (1988), Thomaz (2000), Chassot (2003), Araujo et. al. (2003), Malafaia (2008), Laburú (2011), Moreira (2014), entre outros, também defendem a necessidade de desenvolver uma educação científica “[...] voltada para o engajamento dos estudantes, capacitando-os a compreender que os conceitos estudados na escola podem explicar as novas tecnologias e como elas afetam sua realidade (ARAUJO et. al. p.176, 2003).”

Muitas iniciativas vêm sendo desenvolvidas a fim de contribuir para esse modelo de ensino de Física.

Os diferentes trabalhos demonstram preocupações em comum, como a qualidade do ensino científico, e a busca por novas metodologias ou abordagens capazes de valorizar a participação do estudante, aproximando os conceitos escolares de sua realidade.

Nesse sentido, Robilotta (1988) já discutia o desafio de um ensino capaz de promover no aluno essa capacidade de compreender os conceitos Físicos e relacioná-los com o seu cotidiano:

[...] Eles podem aprender a enfrentar os problemas e as situações que foram abordadas durante as aulas, mas ficam completamente sem iniciativa quando colocados frente a problemas novos. O conhecimento discutido no quadro negro não se ajusta ao mundo em que o estudante vive, ele não se enquadra na vida real. O ensino não parece levar os estudantes a serem proprietários do conhecimento. (ROBILOTTA, M. R, 1988, p. 7)

A discussão apresentada por Chassot (2003) também apontava a importância de entendermos nosso papel como escola e educadores defendendo que “a nossa responsabilidade maior em ensinar ciências é procurar que nossos alunos e alunas se transformem, com o ensino que fazemos em homens e mulheres mais críticos [...]”(CHASSOT, p.31).

Entretanto, alguns trabalhos apontam que as constantes discussões relacionadas às práticas e metodologias no ensino de Física, parecem não ter promovido mudanças muito

significativas nesse cenário ao longo dos anos, como podemos perceber nas discussões de Borges (2002):

A escola tem sido criticada pela baixa qualidade de seu ensino, por sua incapacidade em preparar os estudantes para ingressar no mercado de trabalho ou na universidade [...] e pelo fato de que o conhecimento que os estudantes exibem ao deixar a escola é fragmentado e de aplicação limitada (BORGES, 2002, p.10).

O ensino de Ciência atual ainda não está sendo capaz de promover no aluno uma compreensão mais ampla e consistente dos conceitos.

Mais recentemente, Malafaia (2008) traz uma observação muito semelhante à respeito desse quadro:

Embora saibam definições de conceitos científicos básicos, frequentemente os alunos que memorizam tudo, sob nossos estímulos enquanto professores, não conseguem utilizar adequadamente tais conceitos, seja na prática escolar, seja em sua vida cotidiana. Isto porque decoram listas de definições, postulados e/ou exemplos sem necessariamente ter entendido seus significados (MALAFAIA, G., 2008, p. 5).

Desde então, as pesquisas na área continuaram e poucas modificações puderam ser notadas, em relação à capacidade desenvolvida pelo aluno em pensar criticamente o mundo em que vive. Moreira (2014) retoma recentemente a discussão, ilustrando que o cenário de ensino de Física pouco se modificou:

O ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto (MOREIRA, 2014, p.2).

Este cenário mostra a existência de uma lacuna entre os conteúdos ensinados nas escolas e aqueles que o estudante possui. Ressalta também que os métodos tradicionalmente utilizados no ensino de Ciências devem ser repensados e transformados, uma vez que centrados no professor e nos conteúdos, tornam-se pouco eficientes na formação do aluno mais ativo e reflexivo dentro de seu processo de aprendizagem.

No sentido de buscar modificações, muitos trabalhos citam novas metodologias e maneiras de se entender o ensino de Física como ferramenta para o desenvolvimento pleno do estudante.

Dentre as possibilidades apontadas pelos autores uma possui destaque nas discussões: a experimentação. Vale ressaltar que são muitas as metodologias propostas e discutidas na literatura, que não necessariamente fazem uso de experimentação (como por

exemplo resolução de situações problemas, a sala de aula invertida etc) . Mas nesse trabalho, será destacada a abordagem experimental como ferramenta de transformação e melhoria do ensino de Física.

## **2.2. Experimentos no ensino de Física**

Diante do que fora discutido, existe a necessidade de compreender novas metodologias e utiliza-las, na busca por um ensino de Física mais significativo. Nesse sentido, discutiremos algumas dimensões do planejamento e da utilização de experimentos no ensino de Física, que possam trazer elementos suficientes para elaboração de nossa proposta experimental no ensino de Óptica.

Como forma de iniciar a discussão, apresentaremos o atual cenário da experimentação no ensino de Física, as características encontradas no uso de experimentos, os problemas em seu planejamento e execução, bem como a sua importante contribuição para a aprendizagem de conceitos.

Finalmente, pretendemos mostrar a experimentação como uma alternativa para o desenvolvimento de uma postura mais ativa e crítica dos estudantes frente ao conhecimento científico.

São muitas as discussões e propostas envolvendo o ensino da Física e seus métodos. Diferentes autores como Nardi (2001), Thomas (2000), Borges (2002), Seré (2003), Cachapuz et. al. (2005), Bevilacqua (2007), Flores et. al (2009), Laburú (2011), Vieira et. al.(2013), Moreira (2014), Gaspar (2014), entre outros, vêm apresentando elementos que permitem compreender e modificar metodologias, para que sejam mais adequadas aos atuais desafios do ensino científico.

Nos trabalhos citados, a experimentação é discutida amplamente, tanto em suas possibilidades quanto em seus limites, fornecendo-nos elementos para compreender como utilizar essa ferramenta de uma maneira mais efetiva, que contribua para o aprendizado de conceitos de Física.

Na análise feita por Araujo et. al. (2003) o uso de experimentação é apresentado como possibilidade para responder às preocupações atuais com o ensino científico de qualidade, “[...] minimizando as dificuldades de aprender e de ensinar Física de modo significativo e consistente.” (p.176, 2003).

Os diferentes discursos apresentados revelam um consenso: o uso da experimentação no ensino de Física é uma ferramenta fundamental para discutir procedimentos e conceitos inerentes à ciência, permitindo a participação do estudante nesse processo. Como menciona Séré (2003):

[...] as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados (SÉRÉ, M. et. al., 2003, p. 40).

Nessa perspectiva, a experimentação assume um importante papel no processo de aprendizagem e na formação de um aluno crítico, capaz de realizar questionar e investigar os fenômenos que observa de forma concreta.

Para Laburú (2011), as atividades experimentais permitem um espaço de diferentes representações, distintas e complementares àquelas utilizadas em outros espaços escolares, potencialmente capazes de auxiliar na aprendizagem dos conceitos científicos.

Adicionadas às metodologias tradicionalmente utilizadas nas escolas, como as aulas expositivas, por exemplo, a experimentação agregaria outra forma de pensar e agir no aluno, complementando assim os conceitos estudados de forma teórica.

A realização de experimentos, segundo Bevilacqua (2007), possibilita também a ligação entre o mundo teórico e o prático, permitindo que o aluno aplique o mesmo conceito e pensamento em situações semelhantes.

Uma discussão semelhante também é apresentada por Driver et. al. (1999). Em sua concepção, uma abordagem experimental que permita a discussão, pode desenvolver no aluno algumas habilidades essenciais para compreender as teorias científicas:

Essas novas experiências abarcam as observações de fatos, as interpretações oferecidas por essas observações e as estratégias que os estudantes utilizam para adquirir novas informações, incluindo leitura de textos e a experimentação (DRIVER, 1999, p.23.).

Finalmente, na concepção de Araujo et. al. (p. 176, 2003), percebe-se um consenso entre professores e alunos em relação à importância do uso de experimentos na

aprendizagem de conceitos, e na diminuição das dificuldades de aprendizagem em Física. O planejamento e desenvolvimento dessas atividades, com objetivos claros, permitem ao aluno a vivência de diferentes situações de aprendizagem:

[...] desde a verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos. (ARAUJO, M ; ABIB, M, 2003, p.177).

No entanto, apesar do consenso quanto à importância do uso de experimentos, por pesquisadores e professores, o cenário mostra uma situação diferente quanto ao uso dessa ferramenta.

Como menciona Borges (2002), apesar da maioria dos professores considerarem a utilização de atividades práticas essenciais para a melhoria do ensino, em poucas escolas se percebe o uso da experimentação. Mesmo naquelas que possuem laboratório e materiais disponíveis, as atividades experimentais são pouco utilizadas.

Isso se deve a um conjunto de fatores que cercam a rotina do professor, e são mencionados por Borges (2002) como decisivos para a não execução desse tipo de atividade:

[...] falta de recursos para aquisição de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção. (BORGES, 2002, p.23)

Assim, esses fatores dificultam a inclusão de experimentos na rotina do professor. A literatura mostra ainda que mesmo quando os professores buscam enfrentar essas dificuldades e aplicar atividades experimentais, esbarram em outro problema: os resultados pouco expressivos dos experimentos tradicionais, do ponto de vista da aprendizagem, como menciona Borges (2002):

Muitos deles até se dispõem a enfrentar isso, improvisando aulas práticas e demonstrações com materiais caseiros, mas acabam se cansando dessa tarefa inglória, especialmente em vista dos poucos resultados que alcançam (BORGES, 2002, p.11).

Assim, percebe-se que ainda existe uma dificuldade por parte dos professores em utilizar propostas de experimentação, seja por falta de recursos ou por não perceberem grandes contribuições dessas atividades.

Nesse contexto, a dimensão dos resultados insatisfatórios do uso de experimentos precisa ser discutida com mais detalhes, pois remete a problemas mais profundos, inerentes ao ensino da Ciência.

A pouca efetividade dessas atividades pode ser associada a dois fatores: as características das atividades experimentais tradicionais e as concepções errôneas dos professores quanto ao papel da experimentação na aprendizagem.

As atividades experimentais tradicionais, encontradas em muitos livros didáticos ou *sites*, ainda são as mais utilizadas pelos professores de Física. Possuem, em sua maioria, um formato de roteiro do tipo “livros de receitas” ou de demonstrações feitas pelo professor, como define Araujo et. al. (2003):

[...] associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino, restritas a demonstrações fechadas e a laboratórios de verificação e confirmação da teoria previamente definida, o que sem dúvida, está muito distante das propostas atuais para um ensino de Física significativo e consistente com as finalidades do ensino no nível médio. (ARAUJO, M; ABIB, M, 2003, p.177).

Em ambas, o aluno reflete e discute pouco sobre os conceitos envolvidos e procedimentos a serem utilizados para a realização da atividade, pois estes se encontram pré-determinados. Araujo et. al. (2003) apresentam essas características como importante fator de fracasso na aprendizagem por experimentação, pois sua abordagem se limita a verificações de resultados já conhecidos.

Apesar de sua visível importância no desenvolvimento de técnicas e procedimentos de investigação científica, como menciona Borges (2002), as atividades experimentais tradicionais podem limitar o pensamento dos estudantes aos procedimentos e promover um afastamento dos conceitos Físicos envolvidos, devido ao tempo excessivo gasto com a montagem e manipulação de equipamentos:

[...] as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível. Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada. (BORGES, 2002, p.13)

Esses procedimentos e métodos experimentais, apesar de essenciais para desenvolver habilidades de investigação, acabam se tornando o foco da ação, mascarando os conceitos Físicos envolvidos e comprometendo sua aprendizagem. Essa distorção dos

objetivos da atividade afasta o estudante do conhecimento Físico, transmitindo a ideia de uma atividade experimental desvinculada da teoria, como afirma Borges (2002).

Nesse sentido, o que está em questão não é a validade das atividades de verificação e demonstração, pois possuem claramente sua importância no ensino em muitos contextos, mas a restrição do uso dos experimentos apenas a essa abordagem tradicional, limitada aos procedimentos. A discussão de Borges (2002) ressalta essa observação:

[...] existe um consenso entre os pesquisadores da área em não utilizar o modo tradicional de experimentação, no sentido de apenas lidar com a montagem e manipulação de equipamentos, seguir um roteiro pré-estabelecido com passos que levam a uma resposta já conhecida. (BORGES, 2002, p. 13).

Entende-se que as atividades tradicionais, desenvolvidas dessa forma, são pouco eficientes quando o objetivo da ação for promover habilidades de investigação, criatividade e discussão, e o mais importante, a participação do estudante.

Com o uso limitado de atividades experimentais, e em sua maioria de caráter tradicional, surge também a apatia dos estudantes em relação à disciplina de Física como consequência desse cenário.

Thomaz (2000) afirma que as atividades propostas pelos professores se mostram pouco desafiadoras e interessantes aos alunos, e fortalece a concepção distorcida das atividades experimentais na escola, que não condiz com o que vem sendo proposto pela literatura:

O papel da experimentação no ensino básico e secundário ainda é encarado pelos professores numa perspectiva empirista, centrado nos conteúdos, não dando oportunidades aos alunos para desenvolverem as capacidades científicas que lhes serão requeridas na vida futura (THOMAZ, 2000, p. 366).

Araujo et. al. (p.177, 2003) afirma ainda que tendo em vista uma formação crítica e que torne o aluno capaz e compreender o fenômeno de maneira ampla, as atividades de demonstrações e laboratórios de verificação de teorias estão muito distantes das propostas atuais para um ensino de Física significativo e consistente.

O segundo fator determinante para o fracasso na realização das atividades experimentais se relaciona às concepções equivocadas dos professores sobre a utilização da experimentação e seus efeitos na aprendizagem.

Inicialmente pode-se destacar que muitos professores consideram a realização de experimentos apenas uma ferramenta capaz de ilustrar as aulas, torná-las mais atraentes e dinâmicas. Como menciona Borges (2002):

Nós preferimos pensar que os laboratórios funcionam porque acrescentam cor, a curiosidade de objetos não usuais e eventos diferentes, e um contraste com a prática comum na sala de aula de permanecer assentado” (BORGES *apud*. WHITE, 1996, p.761).

Essa concepção de experimentação restringe a capacidade de aprendizado das atividades experimentais e limita sua aplicação à mera execução. Nesse contexto, não se vê preocupação com a determinação dos objetivos das atividades, o que acarreta ainda mais elementos para uma aprendizagem limitada de conceitos.

Borges (2002) discute também que muitos professores apresentam o que Chalmers denominou de Indutivismo Ingênuo. Essa perspectiva:

[...] assume que o conhecimento científico é a verdade provada ou descoberta que tem origem no acúmulo de observações cuidadosas de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sentimentos que aplica o método científico para chegar a generalizações cientificamente válidas (BORGES, 2002, p.14).

Assim, uma atividade experimental pautada nessa concepção induz o estudante a pensar na ciência como um acumulado de informações, que foram descobertas ou verificadas por meio um método experimental infalível.

Uma característica ainda mais alarmante é a concepção de que ao realizar um experimento o estudante conseguirá aprender os conceitos, compreender os mecanismos científicos e interpretar os fenômenos naturais (GASPAR, 2014). Esse conceito esteve muito presente com o lançamento dos projetos de ensino científico como o PSSC<sup>1</sup> nos estados Unidos, e seguiu influenciando por muito tempo os professores e o ensino de ciências com a

---

<sup>1</sup> PSSC – Physical Science Study Committee - Projeto desenvolvido nos Estados Unidos, conhecido por inovar o ensino de Física na década de sessenta, como afirma Pena (2012), devido à insatisfação com o ensino de Física na época.

mesma concepção ingênua da ciência e de seus métodos, e segundo Borges (2002) ainda estão muito presentes no ensino atual de ciências.

Assim, podemos compreender que devido a essas concepções distorcidas da natureza da experimentação e da aprendizagem que resulta dela, os resultados tendem a ser insatisfatórios. Os professores não planejam como a atividade pode dar significado aos conceitos estudados, e permitir a discussão desses conceitos com os estudantes.

Torna-se interessante observar que essa característica não se restringe apenas aos experimentos tradicionais. Até mesmo quando são utilizados métodos de aprendizagem ativa com a concepção investigativa de experimentação, que serão definidos posteriormente nesse trabalho, as expectativas e concepções dos professores são equivocadas. Borges (2002) comenta que:

“[...] usualmente, os métodos ativos de ensino-aprendizagem são entendidos como se defendessem a ideia de que os estudantes aprendem melhor por experiência direta. Embora verdadeiro em algumas situações, esse entendimento é uma simplificação grosseira [...]” (BORGES, 2002, p. 12).

Essa observação sugere que a manipulação de equipamentos de investigação, por permitirem a visualização concreta do conceito, é capaz e suficiente para promover o aprendizado. Ademais, essa concepção não considera a necessidade de se estabelecer objetivos mais amplos e relacionados ao conceito Físicos, nem mesmo a importância de um momento de discussão e explicação do professor.

Assim, o resultado da atividade é muitas vezes aquém das expectativas, como menciona Borges (2002), incapaz de fazer modificações nas concepções dos estudantes e sequer “[...] proporcionar uma apreciação sobre a natureza da ciência e da investigação científica e em facilitar o desenvolvimento de habilidades estratégicas (BORGES, 2002, p.13)”.

Nesse momento, diante de todos os problemas apresentados cabe a pergunta: realmente é válido realizar experimentos nas escolas? Acreditamos que sim, e que o ensino de Física sem a presença da experimentação se torna pífio, e superficial. Como menciona Borges (2002) “descartar a possibilidade de que os laboratórios têm um papel importante no ensino de ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas” (p.16, 2002).

Os problemas apontados demonstram apenas que as atividades experimentais devem ser elaboradas e aplicadas com objetivos mais profundos, que permitam a discussão e a melhor compreensão dos conhecimentos Físicos por parte dos alunos.

As atividades experimentais devem ser consideradas ferramentas de grande valor para o ensino de ciências, que permitem o desenvolvimento de diferentes habilidades, sem a necessidade de se opor à teoria, como afirma Borges (2002), com potencial para tornar o conhecimento mais interessante e motivador aos estudantes.

### **2.3. Experimentos Investigativos**

Diante da discussão apresentada, o sucesso de uma atividade experimental está na determinação clara dos objetivos que se pretende alcançar, e quais conceitos serão discutidos. Também é possível perceber que a experimentação tem caráter fundamental na aprendizagem de conceitos de ciências, desde que seja escolhida uma abordagem coerente com os objetivos traçados pelo professor (ARAÚJO et. al. 2003).

Para tanto, torna-se evidente a importância de conhecer e utilizar diferentes abordagens experimentais, permitindo que o professor escolha aquela que mais se adéqua aos seus objetivos, como menciona Sère (2003), facilitando o aprendizado do aluno, [...] ao diversificar as atividades e as abordagens, dando-lhes uma conotação mais de acordo com as atividades científicas, cria-se no aluno uma nova motivação e um novo interesse para as atividades experimentais (SÈRE, 2003, p. 42).

Não basta simplesmente utilizar experimentos com a esperança de que eles transformem por si só os alunos e o ensino. São necessárias algumas preocupações e elementos para tornar essa atividade realmente transformadora e eficaz na aprendizagem.

Assim, chegamos a um resumo dos fundamentos necessários para a elaboração e a aplicação de atividades experimentais potencialmente transformadoras:

- A mudança de concepção indutivista e ingênua em relação à experimentação;
- O conhecimento claro dos conceitos que se pretende trabalhar;
- A clareza dos objetivos pretendidos com a experimentação: investigação, demonstração, verificação de leis etc.
- A definição de metodologias mais adequadas aos objetivos pretendidos

- A preocupação com a participação do aluno no processo, ou seja, permitir a ele poder de decisão no planejamento e na execução das ações.

Nesse sentido, as propostas de aprendizagem por métodos ativos, ou de investigação, tem se mostrado coerentes, permitindo uma abordagem experimental mais aberta à discussão e à reflexão por parte do aluno. Um dos métodos ativos conhecidos é a Experimentação Investigativa, que será apresentada nesse trabalho como ferramenta para a discussão de conceitos em Óptica capaz de permitir maior participação dos alunos no processo de ensino aprendizagem. Nesse sentido, a abordagem experimental investigativa será discutida, desde suas características até sua elaboração e aplicação, em Óptica.

A discussão anterior mostra que as atividades tradicionais, até mesmo experimentais, têm pouca abertura para discussões ou exposição de ideias, ignorando conceitos e definições construídos pelos alunos durante o processo. Em outras palavras, têm se mostrado incapazes de levantar e transformar as concepções alternativas dos estudantes, pois não facilitam sua participação e decisão.

A experimentação investigativa vem ganhando espaço nas pesquisas em ensino de ciências por possibilitar uma ação menos controladora por parte do professor, permitindo maior ação do estudante, em comparação com as atividades experimentais tradicionais como define Gibin (2016):

A atividade Experimental Investigativa pode ser considerada como uma contraposição à abordagem da experimentação tradicional. Essa atividade apresenta caráter construtivista, pois a aprendizagem é baseada na resolução de um problema, por meio de uma atividade experimental planejada e realizada pelos estudantes (GIBIN, G, SOUZA, M. P. 2016, p.23).

Vale ressaltar que utilizaremos o termo Atividades Experimentais Investigativas (AEI) para nos referirmos às atividades investigativas facilitando as discussões.

Em linhas gerais, as perspectivas de ensino denominadas *inquiry* ou investigativas, tiveram início no século XIX, segundo Zompero e Laburú (2011) e Tropa (2011), baseada na perspectiva de John Dewey, incentivador das ideias progressistas no ensino científico. Nessa abordagem, segundo Zompero e Laburú (2011) “[...] o ensino era centrado na vida, na atividade, aliando teoria e prática, sendo o aluno participante ativo de seu processo de aprendizagem. (ZOMPERO, 2011, p. 69)”.

Afirmam ainda que essa perspectiva ganhou força com os avanços das pesquisas cognitivas, e dessa forma as interações socioculturais do indivíduo em seu processo de aprendizagem assume papel decisivo.

Assim, conforme discutem Zompero e Laburú (2011) é possível estabelecer uma grande relação desses pressupostos com a teoria de Vygotsky, onde as experiências construídas pelo indivíduo ao longo de sua vida tem influência na aprendizagem e devem ser valorizadas nas atividades investigativas.

Na literatura é possível perceber que os objetivos do ensino por investigação passou por modificações ao longo da história (ZOMPERO, 2011) em função de influências políticas, demandas sociais entre outros fatores. Nesse período, a perspectiva de utilizar os métodos investigativos para formar cientistas deu lugar a preocupações mais amplas. Segundo Zompero (2011): o ensino por investigação busca o desenvolvimento cognitivo do aluno, como centro dessa ação educativa, voltada para “[...] a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação (ZOMPERO, 2011, p. 69)”.

As pesquisas envolvendo o ensino por investigação são muitas e apresentam características gerais dessa abordagem de ensino, necessárias para sua elaboração e compreensão.

Como característica inicial, destacamos que as atividades investigativas não devem fornecer ao aluno um roteiro com passos a serem seguidos em busca de um resultado. As propostas devem partir de problemas, capazes de estimular a participação do estudante na busca pela resposta, como afirmam Zompero e Laburú (2011):

[...] uma proposta investigativa deve haver um problema para ser analisado, a emissão de hipóteses, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, a interpretação dessas novas informações e a posterior comunicação das mesmas. (ZOMPERO, 2011, p. 74)

Dessa forma, percebe-se que as atividades investigativas criticam ações simplistas, com pouca discussão e propõem um ambiente de diálogo e reflexão sobre a produção da Ciência e o ensino da Ciência. E nesse sentido, a postura ativa do aluno no processo de investigação é característica marcante, como menciona Gibin (2016):

“[...] na atividade experimental investigativa é proposto que os estudantes assumam papel ativo em sua aprendizagem e que os professores adquiram um papel de questionador, de um orientador no processo de investigação. (GIBIN, G. SOUZA, M. P. 2016, p.25)”.

Entretanto, uma atenção especial deve ser dada à formulação dos problemas propostos nas atividades investigativas. Thomaz (2000) menciona que uma atividade experimental relevante para o ensino deve motivar os alunos por meio de desafios:

[...] caso se pretenda que os alunos estejam motivados para a execução de trabalhos experimentais (e este aspecto estende-se a qualquer nível de ensino, desde o básico ao universitário), é preciso que a tarefa que os professores lhes proporcionem seja apelativa, que constitua um desafio, um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução. (THOMAZ, 2000, p. 362).

Zompero (2011) também discute essa dimensão, ressaltando que “[...] independente de a formulação do problema partir do aluno ou do professor, é necessário que os alunos se interessem pelo problema a ser investigado, de forma a serem motivados a resolvê-lo (p. 75, 2011)”.

O papel do professor na elaboração e na execução das atividades investigativas também é ponto de discussão, e característica importante a ser mencionada.

Na concepção de Sasseron (2015), na atividade investigativa o professor possui a intenção de modificar concepções, explorar conceitos científicos e discuti-los em busca do conhecimento. Sua visão acrescenta ainda que a atividade investigativa:

Denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos. Por esse motivo, caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica (SASSERON, p. 58, 2015). Assim, o ensino por investigação se apresenta como uma parceria professor – aluno em busca de uma nova forma de aprendizagem.

É um trabalho em parceria entre professor e estudantes. Uma construção de entendimento sobre o que seja a ciência e sobre os conceitos, modelos e teorias que a compõem; nesse sentido, é uma construção de uma nova forma de vislumbrar os fenômenos naturais e o modo como estamos a eles conectados e submetidos, sendo a linguagem uma

forma de relação com esses conhecimentos e também um aspecto a ser aprendido (SASSERON, p. 58, 2015)

Dessa forma, a discussão permite resumir as principais características das atividades investigativas:

- A atividade deve ser baseada em um problema a ser resolvido, de forma a chegar em uma resposta à questão realizada.
- Participação ativa no processo de investigação, discutindo e planejando as ações que serão desenvolvidas, contando sempre com a mediação do professor.
- O professor deve planejar questões desafiadoras que estimulem a participação dos estudantes no processo de investigação, motivando-os.

Baseada sempre na resolução de uma questão problematizadora, de interesse do aluno, Azevedo (2004) afirma que as atividades de caráter investigativo são capazes de trazer o aluno para uma postura mais ativa, desenvolvendo nele habilidades que vão além da manipulação e montagem de experimentos, como o raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação.

De acordo com Flores et. al. (2009), citando Gil Pérez, o enfoque investigativo permite atividades guiadas e abertas, de acordo com o nível de intervenção pretendida pelo professor no processo.

Diante do que fora apresentado, acreditamos que atividades com a abordagem investigativa permitem ao estudante compreender melhor a ciência em sua natureza dinâmica, passível de questionamentos, como construção humana constante. A nossa escolha em utilizar as Atividades Experimentais Investigativas (AEI) está em acreditarmos nos pressupostos dessa concepção, na valorização da ação dos estudantes no processo de ensino, o papel decisivo das concepções alternativas no ensino por investigação, a permissão ao diálogo e da discussão associada a uma perspectiva baseada em Vygotsky. Dessa forma elaboramos três atividades investigativas em óptica, que serão descritas na metodologia.

As seções seguintes fundamentaram nosso estudo inserindo à dimensão das AEI o estudo das concepções alternativas, papel das interações sociais da teoria sóciohistórica de Vygotsky bem como o papel do professor como mediador de todo o processo de aprendizagem.

## 2.4. Experimentos em Óptica

A leitura de alguns trabalhos recentes em ensino de Óptica mostra uma evolução nas propostas experimentais. Na maioria dos trabalhos consultados, percebe-se um incentivo à participação do estudante no processo de aprendizagem, na elaboração e execução do experimento. Adicionalmente, a discussão de ideias se tornou etapa fundamental para o sucesso do experimento, mostrando abordagens investigativas como caminho para a motivação e participação ativa dos estudantes.

Assim, as pesquisas consultadas forneceram dois elementos fundamentais para nossa discussão: como a metodologia investigativa vem sendo utilizada na Física e quais são as características atuais do ensino de Óptica por experimentação.

O estudo da luz e dos fenômenos associados a ela vem fascinando e intrigando a humanidade por muitos anos, e suas aplicações estão presentes em nosso cotidiano de diferentes formas. Desde os primeiros espelhos, como aqueles desenvolvidos pelos Olmecas, descritos por Lunazzi (1993), passando pela fotografia e sua evolução, até chegarmos às imagens 3D e à Holografia, um longo e fascinante caminho foi percorrido. Esse estudo é denominado Óptica. Como descreve Lunazzi (1995):

Numa definição mais comum, a palavra óptica representa a análise dos fenômenos luminosos, sendo luz a energia que enxergamos, embora a óptica possa se estender a radiações que não enxergamos. (LUNAZZI, J. J., 1995, p. 1)

Trata-se de uma área muito ampla do conhecimento Físico, cujos conceitos podem ser analisados de diferentes perspectivas, como menciona Ribeiro e Verdeaux (2012):

[...] seus fenômenos estão intimamente interligados ao eletromagnetismo, à ondulatória, à física quântica, à relatividade e até mesmo à mecânica, em alguns casos (como a fotografia estroboscópica de projéteis). (RIBEIRO, J; VERDEAUX. 2012, p.2)

Esse fascínio humano pela Luz se fundamenta nas diferentes manifestações de seus fenômenos na vida humana e de sua importância para a nossa sobrevivência, segundo Lunazzi (1995) a visão de mundo que temos só é possível devido à luz, pois:

[...] embora não seja esta a principal função da luz, é pela luz que entra em nossos olhos enorme quantidade de informações do mundo que nos rodeia. Sem luz, as criaturas só se conheceriam limitadamente [...]. (LUNAZZI, J.J,1995, p. 2).

No que diz respeito ao ensino de óptica e de seus fenômenos, a utilização de livros didáticos e apostilas divide espaço com as propostas experimentais.

Nessa seção, discutiremos a dimensão experimental do ensino de óptica, construindo um cenário das ações que vem sendo desenvolvidas, nos últimos anos. No entanto, optamos por citar apenas os trabalhos que se aproximam de nossa proposta, considerando não pertinente aos objetivos desse trabalho realizar um amplo levantamento de trabalhos envolvendo o ensino de óptica por experimentação. Nesse sentido, foram escolhidos trabalhos referentes aos princípios básicos de Óptica geométrica.

Com a proposta de desenvolver conceitos à cerca da Luz, para crianças de 8 a 11 anos, Gonçalves e Carvalho (1995) propõem um conjunto de atividades, de caráter investigativo, envolvendo o estudo das sombras.

A compreensão do conceito de sombra permite discutir muitos outros fenômenos associados, como menciona Gonçalves e Carvalho (1995):

A noção de sombra é fundamental na explicação de fenômenos muito explorados pelo ensino formal e não formal de Ciências, tais como: a ocorrência do dia e da noite, as fases da Lua e os eclipses. Para isso é preciso que o aluno compreenda como uma sombra se forma: conceba a necessidade de uma fonte de luz para que exista a sombra e que a sombra estabelece-se num espaço tridimensional. (GONÇALVES, M.; CARVALHO, A.M., 1995, p. 8)

Nesse sentido, realizar atividades que envolvem o estudo das sombras, permite ao estudante formular conceitos sobre a Luz, sua propagação e sua implicação nos fenômenos naturais que nos cercam.

As atividades propostas por Gonçalves e Carvalho (1995) envolvem o uso de um conjunto com recortes de formas, tamanhos e cores diferentes. Os objetos são entregues aos grupos de alunos juntamente com a tarefa de solucionar o seguinte problema: obter sombras iguais entre si com dois recortes que julguem ser diferentes (GONÇALVES, M.; CARVALHO, A.M., 1995).

Atualmente, muitas são as publicações envolvendo a temática de óptica por meio de experimentação. Como demonstra Ribeiro (2012) em sua revisão de artigos publicados de 1998 a 2010, “a área de experimentação em óptica mostra sinais de nítido crescimento: entre

1992 e 2000, foram publicados 15 artigos nessa área. Entre 2001 e 2008, esse número cresceu para 32 artigos” (RIBEIRO, 2012, p.9).

Os temas utilizados nos experimentos são diversos, desde tópicos associados à natureza da luz, aos fenômenos de reflexão, refração e difração até assuntos mais complexos como interferência, polarização e espalhamento (RIBEIRO, 2012).

Assim, conforme essa análise, não há uma preferência por um tópico específico, mas existe um destaque maior para experimentos referentes à natureza da luz e à refração. Estes temas permitem o trabalho com a formação de sombras, eclipses, e imagens formadas em Câmeras Escuras, que em geral envolvem os princípios de propagação retilínea da luz.

Recentemente, outros trabalhos vêm sendo publicados, com a temática de experimentação em Óptica. Destacamos o trabalho de Santos e Cunha (2015), que propõe a montagem de uma “Câmera Escura Estéreo” e discute a importância do conhecimento Óptico da formação de imagens para a compreensão dessa tecnologia e de outras.

Segundo Santos e Cunha (2015) a Câmera Escura ou Câmera de Agulha é:

[...] um dispositivo de captura de imagens que não utiliza sistemas de lentes ópticas. Sem essas lentes a formação de imagens depende diretamente de um pequeno orifício milimétrico e do percurso de raios projetores refletidos ou produzidos por um cenário. (SANTOS; CUNHA, 2015, p. 880)

À partir dessa definição podemos atribuir que o termo Câmera Escura, se refere a um dispositivo de construção simples, capaz de produzir imagens reais de objetos.

Esse dispositivo foi se modernizando ao longo da história, e atualmente possui diferentes formas de utilização. Como mostram Santos e Cunha (2015), desde o século V a.c., na China, já se estudava a propriedade de inversão de imagens em Câmeras de Escuras.

Atualmente, o dispositivo e seus princípios possuem ampla relevância científica e tecnológica, como o uso:

[...] em vigilância e espionagem, associadas com sensores CCD e CMOS de alta sensibilidade, em situações de iluminação específica ou por necessidade de miniaturização, nas quais outras possibilidades são inviáveis, como em aplicações onde não é possível se utilizar lentes, em comprimentos de onda muito curtos como no caso de luz ultravioleta, dos raios-X e raios-gama. E também em várias outras situações tais como uma instalação de câmera escura no espaço sideral. (SANTOS; CUNHA, 2015, p. 884)

Neste sentido, se torna evidente que o estudo de conceitos inerentes ao funcionamento de uma Câmera Escura pode proporcionar ao aluno o conhecimento Físico associado a diferentes tecnologias.

Entretanto, vale ressaltar que Santos e Cunha (2015) não sugerem uma aplicação da utilização da Câmera Escura no ambiente escolar, indicando apenas que a sua montagem deve ser realizada na forma de experimento realizado pelos estudantes.

Nossa leitura de trabalhos na experimentação em óptica revelou mais propostas utilizando a Câmera Escura como ferramenta para a discussão dos princípios de Óptica Geométrica. Alguns deles forma motivadores para a formulação de nossas atividades.

O trabalho de Criado (2006) discute a importância de conhecer o funcionamento de uma Câmera Escura, defendendo que “a visualização de imagens com uma Câmera Escura é dessas experiências capazes de provocar entusiasmo nos alunos” (CRIADO, 2006, p.2).

A montagem experimental e a visualização da imagem promovem no estudante motivação para compreender o fenômeno. Trata-se de uma experiência diferente para o aluno, capaz de melhorar sua compreensão das tecnologias relacionadas aos princípios de óptica geométrica.

Criado (2006) afirma ainda as expectativas dos alunos aumentam quando constroem o protótipo da Câmera, com materiais simples de fácil acesso.

A utilização do princípio da Câmera Escura para a compreensão dos processo de visão é citada por Criado (2006), torna-se importante ao mencionar que os estudantes conseguem correlacionar o funcionamento da Câmera escura com as explicações do fenômeno da visão. Essa correlação é proporcionada diante da própria explicação do funcionamento da Câmera Escura (CRIADO, 2006,p. 3).

Com relação à proposta experimental, Criado (2006) sugere duas construções de Câmera Escura, uma forma mais simples e outra mais sofisticada. A abordagem experimental sugerida é Investigativa, e proposta para estudantes de um curso de licenciatura.

A proposta se inicia com algumas perguntas a respeito das características da imagem formada por uma Câmera Escura. Dessa forma foi proposta a questão central “Como é a imagem formada em uma Câmera Escura?”, e outras adicionais, com o intuito de auxiliar na resposta da primeira questão. A seguir são apresentadas as questões propostas por Criado (2006):

- Quais características podemos observar em uma imagem projetada?

- De quais fatores dependem as características da imagem?
- De que fatores dependem as características da imagem?
- Quais fatores influenciam na luminosidade, tamanho e nitidez da imagem?
- A Câmera Escura tem distância focal?
- Em geral, quais são as dimensões ideais dos diferentes elementos da Câmera para que seja viável a experiência na escola? (CRIADO, 2006, p. 5)

Os estudantes deveriam responder as questões, sem nenhuma informação adicional, organizados em grupos. Posteriormente, uma Câmera Escura já construída foi apresentada a eles. Na fase seguinte, os estudantes poderiam consultar algumas fontes para buscar as respostas, e comparar com aquelas fornecidas na fase anterior. Finalmente, os estudantes iniciam a montagem da Câmera Escura, em suas duas versões.

A proposta apresentada por Criado (2006) sugere uma atividade investigativa, capaz de provocar no estudante a criação de hipóteses e de respostas para questões inicialmente propostas, que servirão de guia para a experimentação. Essa etapa por sua vez tem papel decisivo na verificação destas hipóteses.

Nesse sentido, por acreditar no potencial de aprendizagem existente nas ações descritas, nossa proposta experimental vai de encontro com essa perspectiva, e com outras citadas a seguir.

Um trabalho interessante, relacionado ao estudo de sombras, é proposto por Ribeiro (2015). A inspiração para a atividade surgiu da imagem presente no livro “Desenhos invisíveis” de Gervasio Troche, apresentada abaixo:

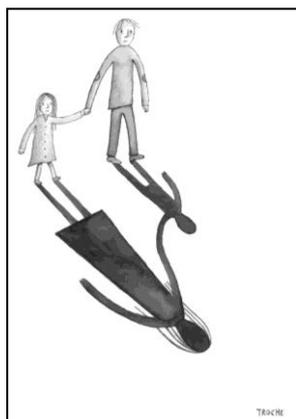


Figura 1 - Imagem utilizada na atividade. Autor: Gervasio Troche. Sem título, 2011. Fonte: [http://portroche.blogspot.com/2011/05/blog-post\\_22.html](http://portroche.blogspot.com/2011/05/blog-post_22.html), acessado em : 08/07/2018

O potencial da imagem para o ensino foi percebido e descrito por Ribeiro (2015):

Uma intrigante imagem nos chamou a atenção: ela mostra um pai e sua filha caminhando de mãos dadas, com a sombra da filha paralela à do pai, mas com tamanho superior à projetada pelo pai (Fig. 1). Percebemos que a simplicidade da situação se adequaria a uma atividade experimental no ensino médio sobre a formação de sombras (RIBEIRO, J. 2015, p. 1).

A atividade foi realizada com duas turmas do segundo ano do ensino médio, e a proposta era analisar a imagem em questão, verificando sua veracidade (em relação aos conceitos físicos) e apresentar uma montagem experimental capaz de verificar o fenômeno em questão.

Adicionalmente, Ribeiro (2015) discute que a experimentação se mostra fundamental para corrigir limitações na representação gráfica de fenômenos tridimensionais:

Livros, telas, quadros-negros, entre outros, permitem a representação bidimensional de fenômenos que ocorrem em um universo tridimensional. O desenho que deu origem a esse trabalho se inspira nessa capacidade de avaliação de uma representação da realidade, criando complicações em um fenômeno que é aparentemente simples e permitindo uma reflexão sobre o papel que as reproduções gráficas possuem na nossa cognição (RIBEIRO, 2015, p. 5)

Outro estudo contemporâneo, apresentado por Franco et. al. (2018) ressalta a importância do conhecimento de Óptica, mais especificamente do conhecimento da formação de imagens, para melhor compreensão de tecnologias.

Franco et. al (2018) apontam a preocupação de um ensino que permita ao estudante compreender melhor a tecnologia que o cerca, mais especificamente as Câmeras Fotográficas. Ressalta que muitos estudantes, desde cedo, estão em contato com câmeras fotográficas, e que os princípios básicos da formação de imagens deve compor a alfabetização científica dos jovens (FRANCO, G. M et. al., 2018, p. 2.).

Na proposta apresentada por Franco et.al. (2018), direcionada a estudantes de licenciatura, o objetivo principal foi analisar imagens produzidas em uma Câmera Escura. A abordagem utilizada foi de caráter investigativo (*Inquiry based learning*), marcada pela ampla participação dos estudantes em todo o processo, como menciona Franco et. al. (2018):

Os estudantes foram encorajados com questões que requeriam deles interagir diretamente com o fenômeno, para obter dados empíricos, e interpretar corretamente esse dados para tirar conclusões explicativas (FRANCO,et. al., 2018, p.15 )

O intuito principal do trabalho foi perceber quais foram os conceitos formulados pelos futuros professores sobre a investigação das características das imagens, com o auxílio da Câmera Escura.

Nessa perspectiva do ensino de óptica, e em relação às atividades experimentais, destacamos também os trabalhos de Lunazzi (LUNAZZI, J. J. 1995; LUNAZZI, J.J, 2009; LUNAZZI, J. J., 2010; LUNAZZI, J. J., 2015), sempre direcionados ao ensino de Óptica que seja acessível ao aluno e transformador de ideias

Dentre as contribuições no ensino de óptica, destacam-se o trabalho com Holografia. O tema foi utilizado por Lunazzi para elaborar o evento de Extensão Universitária “Exposição de Holografia”, com início em 1981 e encerrado em 2017, trata-se do evento de extensão mais antigo da Unicamp. O evento é direcionado a estudantes de ensino médio, com o objetivo de contribuir para a modificação do atual cenário das escolas brasileiras.

Amon e Lunazzi (2010) apontam algumas das principais dificuldades do processo de ensino-aprendizagem no ensino médio:

Pouca motivação; pouca compreensão dos princípios, leis e conceitos estudados e tratamento insuficiente de alguns tópicos, como a óptica; habilidades experimentais e de observação muito limitadas; pouca utilização de meios diferenciados de ensino; as aplicações na prática profissional e na vida diária não são analisadas no nível exigido. (LUNAZZI, J. J. AMON, M. et. al. 2010, p.441).

Essa preocupação com a melhoria no ensino se estende aos demais trabalhos de Lunazzi, como o evento permanente na Unicamp desde 2015 “Veja a Luz como nunca viu”, e outras propostas que serão descritas a seguir. Vale ressaltar, entretanto, que optamos por descrever com mais detalhes esse evento na metodologia, pois suas características foram diretamente utilizadas na elaboração e execução das atividades experimentais aqui propostas.

Inicialmente citamos uma exploração diferenciada do uso de espelhos, no experimento conhecido com “La Nube” (LUNAZZI, J.J, 2009).

A proposta experimental apresenta uma nova forma de visualização de imagens formadas por espelhos planos, e consiste em utiliza-los de maneira horizontal, na altura do nariz do observador, como mostra a imagem abaixo:

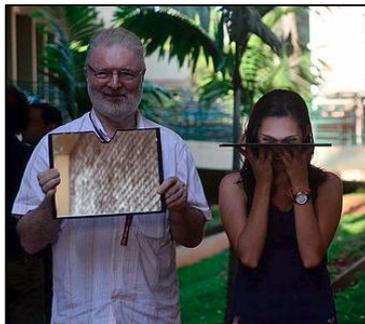


Figura 2 - Realização da atividade experimental "La Nube"

O experimento foi inspirado no trabalho da artista argentina Mireya Baglieto, que propôs uma exposição onde os visitantes utilizavam espelhos horizontalmente no nariz e observavam objetos dispostos no teto.

Segundo Lunazzi (2009) “essa subversão do espaço visual, apesar de não alterar o fenômeno físico, é surpreendente e confunde o sentido do equilíbrio” (p. 419, 2009). Assim, como forma de explorar as características dessa experiência e das imagens formadas, surgiu a proposta de utilizar os espelhos dessa forma, para uso didático.

A elaboração do experimento “La Nube”, busca, segundo Lunazzi (2009):

[...] entusiasmar pelo uso da óptica, fazer o público vivenciar o que é uma imagem simétrica, que pode acontecer, agora, também na direção vertical. A simetria no sentido horizontal sequer é percebida pela maioria das pessoas no uso diário, onde os espelhos estão colocados verticalmente. Mas esta nossa sim, resulta inesquecível. (LUNAZZI, J. J., 2009, p.420)

Para ampliar a experiência do observador, os experimentos são montados em espaços fechados com objetos pendurados no teto. Dessa forma, os visitantes possuem a sensação de atravessa-los. Em espaços abertos a proposta é observar o céu, criando a sensação de que se está caminhando nas nuvens, daí o nome da experiência “La Nube”.

As dimensões ideais do espelho, sugeridas por Lunazzi (2009), são 24 cm x 30 cm x 0,2 cm, com uma espessura de 6 mm, a fim de proporcionar maior estabilidade. As dimensões necessárias para o encaixe do nariz estão representadas à seguir:

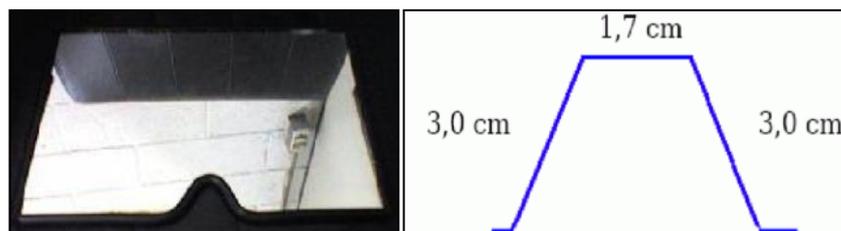


Figura 3 - a) Espelho utilizado no experimento "La Nube" b) Dimensões do encaixe para o nariz

Uma forma muito antiga de representação de imagens foi retomada por Lunazzi, no experimento denominado “Câmara escura de orifício”. O experimento é conhecido amplamente como Câmara Escura ou Câmara de Orifício (SANTOS e CUNHA, 2015 ; CRIADO, 2006), definido com um aparelho que permite a projeção de imagens, em que a passagem de luz se dá apenas por uma pequena abertura. Em vista do que fora discutido, nesse trabalho optamos por utilizar o termo Câmara Escura de Orifício. Esse dispositivo permite estudar propriedades de luz, como propagação retilínea, e fornece informações sobre as características de imagens reais bem como permite associar ao sistema de visão. A imagem abaixo retrata o modelo da Câmara Escura de Orifício proposta por Lunazzi:



Figura 4 - Modelo da Câmara Escura de Orifício proposta por Lunazzi

Outros trabalhos significativos no estudo da Óptica podem ser citados, entretanto, acreditamos que a revisão realizada até o momento é suficiente para justificar nossas escolhas, bem como nossas concepções sobre experimentação. Foi nessa perspectiva de proporcionar novas vivências sobre a experimentação e ao ensino de Física que as atividades propostas nesse trabalho foram elaboradas e executadas. Em vista dessa discussão, as atividades permitiram um ambiente de estudo dos conceitos de óptica por meio da investigação, de forma ativa e significativa.

Dessa forma, em nossas atividades buscamos trabalhar com os conceitos de óptica geométrica, iniciando com a percepção da propagação retilínea da luz. A segunda e a terceira

atividades buscaram discutir as consequências dessa característica, respectivamente, a formação de sombras (com ampliação da discussão sobre a ocorrência de eclipses) e finalmente a formação de uma imagem real na Câmera escura e sua analogia ao processo de visão.

Consideramos essa abordagem diferenciada em relação ao que vem sendo realizado, nos trabalhos estudados. Primeiramente pela escolha do ensino fundamental como público alvo, diferentemente dos trabalhos citados que privilegiam o ensino médio e o ensino superior. Nossa abordagem buscou uma forma introdutória de discutir sobre a luz e suas propriedades, como forma de preparação para conceitos mais específicos e complexos no ensino médio.

Quanto aos estudos da formação de imagens, os trabalhos revisados apresentam grande utilização de espelhos para esse fim. Nenhuma abordagem tratou das imagens como sombras e poucas são as propostas de construção de Câmeras Escuras com o intuito de explorar as características de sua imagem e associá-las ao processo de visão.

Vistas as principais implicações experimentais do trabalho, torna-se necessário iniciar a discussão que fundamentará a interpretação de nossos dados.

## **2.5. Conceitos de Óptica Geométrica**

A ciência por detrás da luz foi historicamente construída, em colaboração de muitos cientistas como Galileu Galilei, Issac Newton, Christian Huygens (1629-1695), Pierre de Fermat, (1601-1665), Albert Einstein, entre outros. Seu estudo pode ser considerado uma das áreas mais importantes da Física e teve papel fundamental na História da Ciência, como por exemplo, na unificação do eletromagnetismo e o desenvolvimento da Física Moderna. A imagem abaixo ilustra brevemente esse processo:

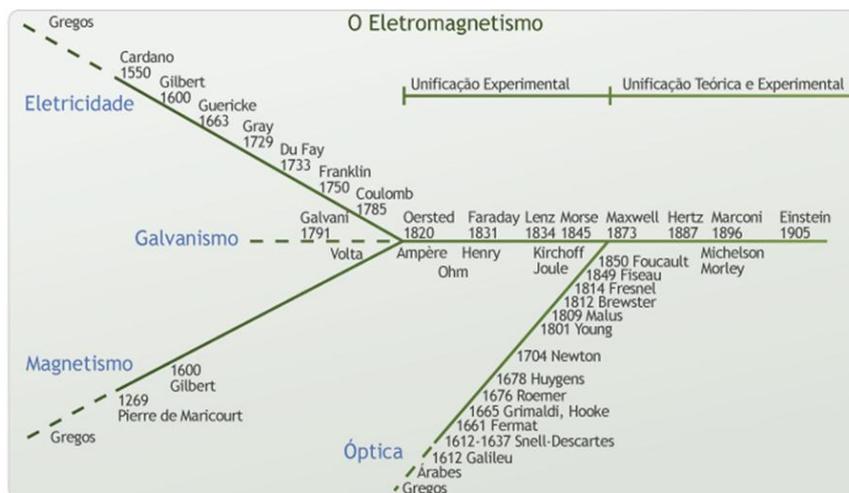


Imagem extraída de: Rocha, J. F. M (org.). *Origens e evolução das ideias da física*. Salvador Bahia. Ed. EDUFBA, 2002.

Figura 5 - Histórico das pesquisas em Óptica

Parece ter havido elementos ópticos tais como espelhos metálicos já na China antiga, e certamente houve espelhos no continente americano antes que no Europeu, pelas civilizações Olmeca e Cupisnique, como mostrou Lunazzi (1995, 1996, 2016). O primeiro registro escrito, no entanto, vem do mundo árabe, de Alexandria, por Alhazen, quem montou a primeira Câmara Escura, em uma tenda, e também descreveu os desvios pelos materiais, a refração.

Instrumentos ópticos como o telescópio já estiveram nas mãos de Galileu, mas foi Newton quem analisou teoricamente a conduta da luz, que atribuía como sendo corpuscular. No século seguinte, Young, Huygens e Fresnel provam que a luz é uma onda e no século que se seguiu Planck e Einstein, mostram que essa onda interage com a matéria em quantidades que partem de uma unidade fixa de energia, pacote de ondas chamado fóton, que é muito estudado ainda neste século.

Assim, a presente seção tem por objetivo esclarecer alguns conceitos físicos à cerca da luz no que tange a óptica geométrica, mais especificamente os conceitos de propagação retilínea da luz, absorção, formação de sombras, formação de imagens e sistema de visão. Todos os conceitos foram contemplados nas atividades experimentais propostas nessa pesquisa, e sua discussão contribuiu a melhor compreensão dos resultados.

## 1) Princípio da Propagação Retilínea da luz

Este princípio define que a luz se propaga em linha reta em meios homogêneos (NUSSENZVEIG, 1998). O princípio fundamenta a compreensão de vários fenômenos.

Lunazzi (1995) propõe uma forma verificar a propagação retilínea da luz utilizando canudinhos, “[...] olhando através de um tubo fino (um canudo p. ex) sempre podemos ver do outro lado (1995, p. 2)”. Da mesma forma, “quando numa sala escura com poeira no ar entra um fino raio de luz, podemos ver sua trajetória retilínea (1995, p.2)”, segundo Lunazzi (1995).

Outra consequência pode ser observada no funcionamento de uma Câmera Escura, explica Nussenzveig (1998) “[...] forma-se uma imagem (invertida) de um objeto, representando uma forma primitiva de aparelho fotográfico (p. 3, 1998)”.

## 2) As sombras

A sombra pode ser considerada um tipo de imagem primitivo, como afirma Lunazzi (1995), “pelo fato de termos uma representação da nossa figura, ela tem impressionado muito ao homem primitivo, mas ainda hoje possui grande força no universo de nossas representações mentais (1995, p.2)”.

Quando a propagação da luz, proveniente de uma fonte, é interrompida pela matéria (objeto opaco), uma sombra é projetada com contornos que representam o objeto. Essa definição demonstra que a sombra é uma consequência da propagação retilínea da luz.

As imagens abaixo, presentes na apostila de óptica proposta por Lunazzi (1995), apresentam geometricamente a formação de sombras:

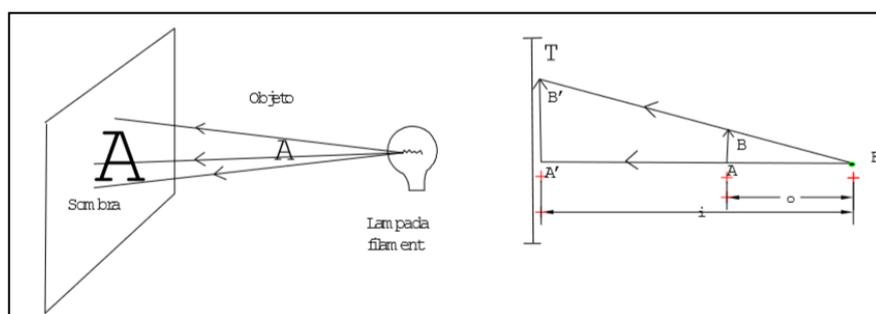


Figura 6 - Formação de sombra por lâmpada de filamento: à esquerda, o esquema físico e à direita a situação geométrica.

Uma característica importante das sombras é a sua nitidez. Depende da extensão da fonte luminosa. Segundo Lunazzi (1995), “pode ser definida pela extensão da região de penumbra que define o menor tamanho da informação disponível. Este menor tamanho podemos chamar de mancha de confusão (C), valor da nitidez (p. 4, 1995).”

A imagem a seguir ilustra como seria a nitidez da sombra de um objeto, em relação à distância que se encontra da tela:

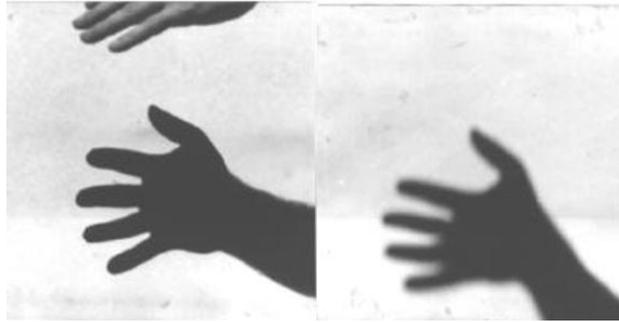


Figura 7 - Diferenças da nitidez de uma sombra realizada por meio do Sol quando o objeto está: a) próximo da tela; b) afastado da tela

### 3) Absorção da luz

Quando a luz incide sobre um objeto opaco, parte dela é absorvida. Os átomos ou moléculas desse objeto transformam a luz em energia interna, o que pode provocar maior agitação e talvez um pequeno aquecimento (HEWITT, 2011). Essa característica da luz pode ser associada à formação de sombras e a visualização das cores de um objeto.

### 4) Formação de imagens

Para compreender a formação de imagens é necessário antes entender alguns princípios da reflexão da luz. Inicialmente, todos os objetos refletem parte da luz que recebem e essa luz refletida pode atingir as mais diferentes superfícies.

Quando a luz proveniente dos objetos atinge um espelho, ou região lisa, ocorre o que chamamos de reflexão especular. Se a luz proveniente dos objetos incide em pequenas aberturas, como por exemplo, nas Câmeras Escuras, uma imagem de natureza real (no caminho da luz) também será formada.

Assim, como afirma Lunazzi (1995), é possível concluir que “para criar toda imagem é necessário realizar uma montagem com amostras de cada região luminosa do objeto (p. 1995)”. As características da imagem formada pela Câmera escura de orifício também comprovam a propagação retilínea da luz.

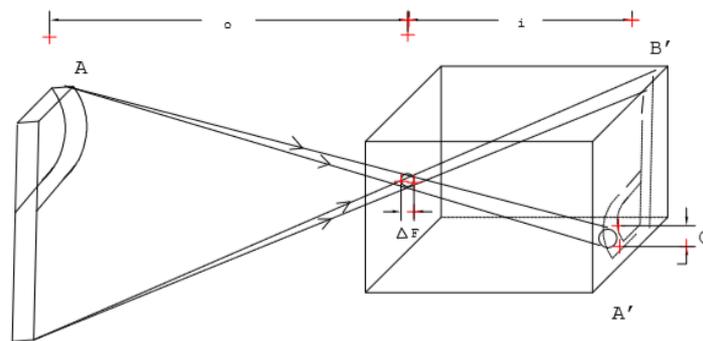


Figura 8 - Esquema geométrico da Câmera escura de orifício

Como descreveu Lunazzi (1995) “Para cada ponto luminoso no objeto temos a radiação ou o espalhamento de raios em todas as direções. O furo, no entanto, faz uma seleção de um pequeno feixe de raios escolhidos (p. 9, 1995)”.

Assim, a imagem resulta naturalmente invertida e seu tamanho pode ser calculado por meio de semelhança de triângulos. Uma relação matemática semelhante também permite calcular o tamanho da imagem com relação a distancia do objeto ao furo.

## 5) Sistema de Visão

A possibilidade de compreender o sistema de visão abriu caminho para a melhor compreensão de como a luz interfere nesse processo. O olho humano, composto de diferentes estruturas interconectadas, permite ao cérebro a formação de imagens. Hewitt (2011) descreve em detalhes as estruturas do olho humano e suas funções, esclarecendo o caminho traçado pela luz desde o objeto até a retina:

A luz penetra no olho através de uma cobertura transparente chamada de córnea, que produz cerca de 70% do desvio necessário da luz, antes de ela passar pela abertura da íris. A abertura é chamada de pupila. A luz, então atinge a lente cristalina, que ajusta o foco para a luz que atravessa um meio gelatinoso denominado humor vítreo. Em seguida, a luz atinge a retina (HEWITT, 2011, p. 471).

Nessa descrição inicial, percebe-se que a luz proveniente do objeto atravessa a pupila, para depois atingir a retina de maneira focalizada. Esse primeiro contato da luz com os olhos pode ser comparado com a Câmera Escura de Orifício, devido ao seu funcionamento. Assim, em uma comparação grosseira, nossos olhos formariam uma imagem invertida do objeto. O desvio pelo meio, a chamada refração da luz, ocorre em grande parte na córnea, e depois no cristalino, permitindo a concentrar a luz no sensor luminoso, às custas de ter de

posicionar cuidadosamente a convergência da luz na retina, devendo fazer isto para cada um dos objetos que estiver a distâncias diferentes.

Entretanto, o processo é mais complexo na retina, e se mostra descrita abaixo, por Hewitt (2011):

A retina cobre dois terços da parte de trás do olho e é responsável pelo grande campo de visão que possuímos. Por trás da retina, se inicia o nervo óptico, que transmite sinais das células fotorreceptoras para o cérebro (HEWITT, 2011, p. 471).

Vemos que a imagem não acaba na retina, senão que depois de transmitida ao cérebro. Um exemplo disto é que ela está invertida na retina, e, no entanto, isto não afeta a sua interpretação. A imagem abaixo ilustra um olho humano e suas estruturas:

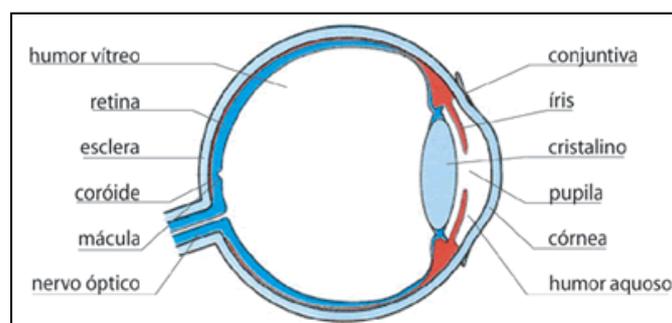


Figura 9 - Esquema das estruturas do olho humano (fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Instrumentosoticos/olhohumano.php> acessado em 21/07/2018)

Quando atinge a retina, a luz encontra diferentes estruturas celulares sensíveis à luz, chamadas de cones e bastonetes.

A retina é formada por minúsculas antenas que entram em ressonância com a luz que entram no olho. Existem dois tipos básicos dessas antenas, os bastonetes e os cones. Os bastonetes e cones da retina não estão diretamente conectados ao nervo óptico, mas, curiosamente, estão ligados a inúmeras outras células conectadas entre si. Embora muitas delas estejam interconectadas, apenas algumas transportam informação para o nervo óptico. Por meio dessas interconexões, uma determinada quantidade de informação é combinada a partir de vários receptores visuais e “digerida” na retina. Dessa maneira, o sinal de luz é processado antes de seguir para o nervo óptico e daí para a parte principal do cérebro (HEWITT, P. 2011, p. 471).

Dessa forma, o processo de visão pode ser compreendido como uma complexa relação entre a luz e as estruturas biológicas do olho humano. Entretanto, ressaltamos que para nível de ensino fundamental, foco deste trabalho, é suficiente que os estudantes

compreendam que a luz refletida pelo objeto é captada pelos olhos de forma semelhante ao processo de uma Câmera escura de orifício, sendo processada pelo cérebro até formar a imagem.

## **2.6. Concepções Alternativas**

Durante muito tempo o processo de ensino e de aprendizagem se resumia à transmissão e recepção de conteúdos. O professor possuía todo o conhecimento e o transmitia de forma integral aos alunos. Estes, por sua vez, eram considerados vazios, como alguns autores denominam de “Tábuas rasas”. (DRIVER, R. et. al., 1999; ANDRADE, J.1995), portanto, seu papel era acumular todo o conteúdo de forma passiva.

Essa concepção de ensino é consequência de uma corrente epistemológica empirista, segundo Neves e Damiani (2006). Sabemos que a discussão dos fundamentos da corrente epistemológica empirista é mais ampla, entretanto consideramos importante descrever, mesmo que superficialmente, as características dessa concepção. Elas ilustram o paradigma de ensino no período anterior às pesquisas em concepções alternativas, justificam a importância da mudança desse paradigma, bem como a necessidade de valorização das concepções alternativas dos estudantes.

Em linhas gerais, nessa concepção de aprendizagem o indivíduo, inicialmente vazio de qualquer conhecimento, vai construindo seu saber por meio da memorização de conteúdos transmitidos a ele por alguém mais “sábio”, formulando em sua mente uma cópia da realidade, como discutem Neves e Damiani (2006). O professor possui papel central no processo de ensino, sendo o agente que contém, transmite e “[...] organiza as informações do meio externo que deverão ser internalizadas pelos alunos, sendo esses apenas receptores de informações e do seu armazenamento na memória (p. 3, 2006)”.

Essa concepção resultou em efeitos diretos nas metodologias utilizadas nas escolas, e alguns traços ainda podem ser percebidos na escola atuais.

As características de uma educação pautada nessa concepção empirista apresentam, segundo Neves e Damiani (2006), um modelo de ensino “[...] fechado, acabado, livresco, no qual a noção de conhecimento consiste no acúmulo de fatos e informações isoladas, imerso em simbolismos, quadros cheios de cálculos e fórmulas ou definições a serem memorizadas sem significado real [...] (p. 3, 2006)”.

As características apresentadas permitem concluir que a autonomia dos estudantes no processo de ensino aprendizagem é mínima, impedindo que seus conhecimentos empíricos pudessem ser investigados e reconhecidos no processo de ensino.

Entretanto, essa visão do aluno passivo e vazio de conhecimento se modificou com a discussão de uma nova concepção, que pode ser caracterizada como epistemologia Interacionista. Assim, como mencionam Neves e Damiani (2006), nessa perspectiva o aluno será capaz de construir um novo conhecimento quando for incentivado “a agir, problematizar e refletir sob suas ações”.

A nova proposta coloca o aluno e seu conhecimento adquirido ao longo da vida como centro da ação educativa. O professor, no então papel de orientador, mas responsável por discutir os conceitos formulados e proporcionar atividades capazes de levar ao conhecimento científico. Nesse sentido, as interações do aluno com o ambiente e com os indivíduos do processo educativo tem grande valor na aprendizagem.

Como afirma Neves e Damiani (2006), a “aprendizagem é, por excelência, construção: ação e tomada de consciência da coordenação das ações (p. 5, 2006)”.

Muitos autores compartilharam dessa concepção de indivíduo, mas o principal nome associado a ela é Vygotsky, por conta da discussão estabelecida em seu livro “Pensamento e Linguagem” (VYGOTSKI, L. V. 2007). Seu trabalho buscava por uma nova forma de investigar e compreender o desenvolvimento humano, questionando os métodos utilizados pela psicologia de sua época.

Seus resultados deram origem à teoria Sociohistórica-interacionista, que abriu caminho para uma nova visão do indivíduo, e conseqüentemente da forma como ele interpreta o mundo e aprende.

Assim, Vygotsky (2007) afirma que o “[...] aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam (p. 100, 2007)”.

A aprendizagem é um processo complexo, iniciado pela observação do contexto externo (realidade social, cultural e histórica), passando pela formulação de estruturas mentais complexas, onde são elaborados os significados a respeito dessa realidade. O indivíduo passa então a externar seus significados formulados, colocando-os à prova e em discussão. Assim, tem a possibilidade de novamente construir estruturas mais complexas de pensamento e de conceitos.

Nesse sentido, na concepção de Neves e Damiani (2006) Vygotsky “[...] entendia que a aprendizagem não era uma mera aquisição de informações, não acontecia à partir de uma simples associação de ideias armazenadas na memória, mas era um processo interno, ativo e interpessoal (p.1, 2006)”.

Assim, a percepção da aprendizagem como processo intrapessoal, e a compreensão de um sujeito capaz de formular conceitos e explicações sobre sua realidade fez surgir uma nova área de pesquisas em educação, com foco na investigação das concepções formuladas pelos estudantes.

Na década de 80, como cita Gil-Pèrez (1994), a investigação das concepções dos estudantes se tornou prioridade no meio acadêmico, resultando mais de 2500 publicações sobre o tema nesse período. As pesquisas buscavam descrever as concepções, definir suas possíveis origens e principais características.

Como consequência dos estudos realizados, a eficácia do ensino por transmissão de conhecimentos foi fortemente questionada, destruindo o que Gil-Pèrez (1994) chama de visão “simplista do ensino e da aprendizagem”.

Assim, a aprendizagem pôde ser compreendida como processo mais complexo, que envolve tudo o que o aluno construiu ao longo de suas experiências. Os métodos de ensino passam a assumir o grande desafio de transformar essas concepções em conceitos científicos, proporcionando aos alunos a reflexão sobre diferentes situações. Gebara (2001) discute essa dimensão, especificamente sobre o ensino de Física:

Sendo assim, ensinar Física vai além de fornecer novas informações, implica grande medida, modificar, ou tornar científicas, as concepções que estão enraizadas nas pessoas, próximas do conhecimento de senso comum. (GEBARA, 2001, p. 56)

Diferentes termos vêm sendo utilizados na literatura para descrever as concepções formuladas pelos estudantes, e suas respectivas classificações variam conforme o autor e a natureza do estudo proposto.

Andrade J. (1995) classifica amplamente os termos utilizados para representar as concepções, discutindo suas origens e motivações. Alguns dos termos mencionados por ele são “Representação Espontânea”, “Representação Alternativa”, e estão diretamente relacionados à origem das representações. O termo “Pré-concepção” ou “Concepções Prévias” está relacionado ao surgimento de uma concepção, anteriormente ao contato com o conceito

científico. Outro termo bastante utilizado é “Concepção Errada” ou “Misconception”, representando a natureza defeituosa, ou errada das representações. Entretanto essa forma de caracterizar as concepções traduz uma ideia de que as concepções que fogem do conceito científico estão sempre erradas, com a qual não concordamos. Como afirma Andrade J. (1995):

Seja qual for a denominação utilizada devemos ter sempre em mente, que a maneira como o estudante elabora seus próprios conceitos, não deve ser vista como forma errada, mas como forma alternativa de justificar um fato que , num contexto mais restrito, pode funcionar tão bem quanto o chamado conceito científico.(ANDRADE, J. M. , 1995, p. 27)

Um termo utilizado com frequência é “Concepção Alternativa” (HARRES, 1993; DRIVER, R. et. al. 1999; GEBARA, 2011) diretamente relacionado às diferenças qualitativas entre as representações do aluno e os conceitos científicos, como afirma Andrade J. (1995). Por considerarmos as diferentes concepções formuladas pelos alunos, diante de suas experiências, consideramos mais adequado utilizar o termo “Concepções Alternativas” nesse trabalho.

Após essa breve apresentação histórica, é pertinente definir o que são as Concepções Alternativas, bem como suas principais características, definidas pela literatura, e importância nos processo de ensino.

Diferentes autores discutem que, os indivíduos partem das suas experiências para criar ideias e novas interpretações do mundo (DRIVER, R., 1999; BRAVO, 2016; GASPAR, 2014). As variadas formas de vivência do estudante influenciam na sua compreensão de mundo. Conversas, interações com objetos, observação de fenômenos, contato com diferentes meios de comunicação, proporcionam uma variedade de ideias e novas conexões que contribuem para a constituição do indivíduo em sua particularidade e universalidade (ou meio social).

Nesse sentido, Valadares (1995), argumenta que:

cada ser humano toma conhecimento do mundo exterior através dos “olhos da mente”, tendo uma visão desse mundo que depende de diversos fatores, a começar pela experiência de interação com ele. Através das suas reflexões, das suas experiências de contato com o meio ambiente e das suas interações sociais, e influenciado por fatores de índole cognitiva, afetiva e volitiva, cada ser humano vai construindo e reconstruindo as suas representações acerca do mundo (VALADARES, 1995, p.285)

Assim, as construções e reconstruções dos estudantes devem ser valorizadas no momento do ensino, pois estão fortemente presentes na sala de aula, influenciando na maneira de aprender do indivíduo.

Sua natureza empírica faz das Concepções Alternativas uma explicação consistente da realidade, pois nasceu da experiência direta do estudante e são corretas para casos particulares. É nessa perspectiva que Gebara (2011) define as Concepções Alternativas como:

[..] conhecimentos diferentes dos científicos, adquiridos através de suas experiências no cotidiano, trazidos para a sala de aula e que são resistentes ao ensino formal, possivelmente por fornecerem respostas satisfatórias para os fenômenos discutidos na escola. (GEBARA, 2011, p. 3).

O papel das concepções alternativas na aprendizagem de ensino também foi discutido por Driver et. al. (1999) e por Valadares (1995), ressaltando a dificuldade de modificá-las:

Quando chegamos à escola, essas preconcepções, essas primeiras representações do mundo, alicerçadas na intuição e no senso comum, muitas delas apreendidas significativamente, vão desempenhar um papel importante no modo como a aprendizagem das ideias cientificamente aceitas vão se processar. É com dificuldade que a mudança conceptual vai ocorrendo, a caminho da apreensão das ideias paradigmaticamente aceitas pela comunidade científica (VALADARES, 1995, p. 286).

Assim como Drive et. al. (1999), Valadares (1995), Gebara (2001), outras pesquisas discutem os efeitos positivos do conhecimento das concepções alternativas dos estudantes no processo de ensino.

Os estudos demonstraram que a aprendizagem pode ser facilitada quando, a ação educativa proporciona situações de conflito entre o conhecimento científico e as concepções alternativas, como menciona Andrade J. (1995):

Se o conflito criado pela mistura do conceito alternativo com o formal for bem explorado pelo professor mostrando, por exemplo, que o conceito alternativo resolve somente algumas situações particulares, ou seja, mostrando a falibilidade, a pequena abrangência e a inconsistência desses conceitos frente aos conceitos formais, o professor conseguindo tornar os conceitos alternativos benéficos à aprendizagem (ANDRADE, J. 1995, p. 6)

O estudo dessas concepções permite ao professor construir suas atividades de forma desafiadora, capazes de colocar em dúvida as concepções dos estudantes frente ao fenômeno estudado. Assim, chegamos a um ponto importante, denominado por Driver et. al (1999) como a eleição de experiências de aprendizagem:

Se conhecemos as ideias prévias dos estudantes, podemos ataca-las de modo direto mediante experiências que entrem em conflito com as expectativas, de maneira que os obriguem a reconsiderá-las (p. 27, 1999).

Nesse sentido a escolha das atividades a serem realizadas, pautada no conhecimento dos conceitos prévios, permite ao professor criar os conflitos necessários para as possíveis mudanças de concepções. Essa é a principal contribuição do conhecimento das Concepções Alternativas dos estudantes, e deve proceder qualquer atividade de ensino.

Uma atividade adaptada às características do grupo de alunos produz efeitos na aprendizagem. No planejamento da aula, a seleção dos conceitos a serem ensinados é fundamental. Entretanto, para Driver et. al. (1999) a principal ferramenta do professor no planejamento das ações educativas é o conhecimento das concepções dos alunos, evitando o erro de suprimir conceitos que ainda são duvidosos para os estudantes, por parecerem óbvios ao olhar do professor.

Como forma de encerrar essa seção, descreveremos em linhas gerais, as características das concepções dos estudantes, fundamentados nos trabalhos de Harres (1993) e Driver et. al. (1999).

A primeira característica discutida por Harres (1993) ressalta que as concepções alternativas apesar de não corresponderem às explicações científicas são muito semelhantes àquelas consideradas corretas no passado. Essa constatação permite assumir que os indivíduos, em diferentes contextos e épocas formulam interpretações semelhantes da realidade.

Conforme mencionado anteriormente, as concepções alternativas se mostram significativas ao aluno, pois são construídas a partir da experiência. Dessa forma, se mostram difíceis de modificar, principalmente se a ação educativa não possuir esse objetivo claro.

A resistência à mudança parece ser também uma característica marcante das concepções alternativas. Indivíduos com diferentes idades apresentam, em geral, o mesmo padrão de concepções alternativas independentemente do tempo de envolvimento com a instrução tradicional de ciência. Além disso,

as concepções alternativas possuem um amplo poder explicativo. (HARRES, 2011, p. 221)

A resistência à mudança se justifica, pois muitas vezes a concepção é capaz de explicar casos isolados, e são erroneamente generalizados pelos estudantes. Mesmo depois de instruídos pelo professor, menciona Driver et. al. (1999):

As crianças podem ignorar as provas contra, ou interpretá-las de acordo com suas ideias antecedentes. Embora as noções infantis possam ser persistentes, como já dissemos, o aluno não precisa ter um modelo completamente coerente do fenômeno apresentado, pelo menos no sentido da palavra 'coerente'(DRIVER. et. al. 1999, p. 23)

A incoerência nas concepções foi determinada como característica por e Harres (1993) e Driver et. al. (1999). Segundo Harris (1993) “isto ocorre porque a criança, em geral, não se preocupa muito com a coerência e com a abrangência das ideias e porque, ao mesmo tempo, apoia-se em uma visão egocêntrica do mundo (p. 221, 1993)”. Significa que ela não tem compromisso com a coerência como os cientistas, portanto, mantém com tranquilidade as diferentes interpretações do mesmo fenômeno.

Driver et. al. (1999) afirma ainda que é comum “[...] o mesmo sujeito pode empregar uma ou outra concepção, segundo a situação e, inclusive, passar de uma para a outra durante a explicação do mesmo fenômeno (p. 33, 1999)”.

A discussão estabelecida reuniu elementos para a melhor compreensão da importância do conhecimento das Concepções Alternativas dos estudantes frente ao aprendizado. Assim, é possível afirmar que em qualquer situação escolar o estudante possui conceitos formulados, e que esses devem ser considerados na sua elaboração.

Definidos então os pressupostos anteriores, a formulação das atividades aqui apresentadas, fez uso das Concepções Alternativas dos estudantes sobre Óptica, investigadas por meio de um questionário diagnóstico, descrito adiante na metodologia.

A seção seguinte apresenta as concepções mais comuns dos estudantes, relacionadas aos conceitos de Óptica, presentes na literatura.

### **2.6.1. Concepções alternativas em Óptica**

Como forma de encerrar o capítulo, estão descritas as principais concepções dos estudantes sobre Óptica geométrica. Novamente foi necessário realizar um recorte dos trabalhos, devido a grande quantidade de publicações encontradas. Na busca por trabalhos que tratavam do tema, Harres (1993), Driver et. al. (1999), Andrade J (1995) e Bravo (2011) apresentaram características semelhantes e resultados que se encaixam em nossa proposta de investigação. Os temas envolvendo Óptica Geométrica são muitos, então, foram selecionados aqueles relativos à propagação retilínea da luz, formação de sombras, formação de imagens e a visão. O conhecimento das principais concepções, presentes na literatura auxiliaram na elaboração do questionário diagnóstico, bem como na compreensão de nossos resultados.

Assim, devido à abrangência de resultados e a possibilidade de relacioná-los, a discussão seguinte foi desenvolvida com base nos trabalhos de Harres (1993), Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999) e Andrade (1995). A escolha dos trabalhos também foi motivada diante do público alvo apresentados por elas. Todos investigaram as concepções de estudantes com idade entre 13 e 15 anos, com diferentes enfoques, e em nossa interpretação, complementares.

Guesne (In. DRIVER, R. et. al., 1999) investigou as principais concepções dos estudantes, com idade entre 10 e 15 anos a respeito de conceitos iniciais de Óptica Geométrica, por meio de entrevistas. Dentre aos temas abordados pela pesquisa escolhemos alguns, para discutir em nosso trabalho: (1) Concepções sobre as características da luz; (2) Concepções sobre luz e sombras; (3) Concepções sobre a propagação da luz: seu movimento e sua propagação retilínea; (4) A luz e suas interações com a matéria: a reflexão da luz nos objetos; (5) Concepções sobre luz e visão.

(1) Concepções sobre as características da luz;

Quando questionados por Guesne (in. DRIVER et. al. 1999) “Onde existe luz ?” (p. 32), algumas das respostas encontradas foram: “*‘por todas as partes’ ou ‘no espaço’, ‘No teto... a luz está ali, mas não está acesa’, ‘Nas lâmpadas. São as lâmpadas que dão a luz’.* (p. 32, 1999)”

As respostas apresentam uma confusão entre a Luz e sua fonte, ou efeitos que produz, como o brilho. Como afirma Guesne (in. DRIVER et. al. 1999):

Assim, encontramos duas concepções diferentes: a luz igualada com sua fonte, com seus efeitos e com seu estado, e a luz como entidade distinta,

localizada no espaço entre sua fonte e o efeito que produz. (GUESNE, et. al. 1999, p. 33)

## (2) Concepções sobre luz e sombras;

Na investigação de concepções sobre luz e sombras Guesne (in. DRIVER et. al. 1999) solicitou que os estudantes explicassem o que é a sombra e como ela se forma. Algumas respostas obtidas foram: (A sombra) “ ‘É uma reflexão, mas ... é uma luz mais escura’; ‘A luz, bom ...sai. E então encontra um objeto... o ilumina, mas por trás, não pode atravessá-la... Assim, está preto, então se faz a sombra’(p. 33, 1999)”

A análise das respostas, permitiu concluir que os estudantes utilizam o conceito denominado por Guesne (in DRIVER, et. al. p. 33, 1999) de “luz entidade no espaço” que se desloca no espaço e provoca a formação de sombras, quando não consegue atravessar o objeto. Ainda sobre sombras é possível perceber nas falas dos alunos termos como reflexão, mostrando uma confusão entre conceitos de reflexão e absorção da luz.

## (3) Concepções sobre a propagação da luz: seu movimento e sua propagação retilínea;

A investigação dessa concepção foi realizada em duas partes: (a) o tempo de propagação da luz e a (b) propagação em linha reta.

### a ) Tempo de propagação

Em diferentes momentos das entrevistas os estudantes utilizaram expressões relativas a movimento, ao mencionar a luz, conforme observou Guesne (in DRIVER, et. al. 1999, p. 33):

Quase todos os alunos de 13 a 14 anos que entrevistamos utilizaram expressões como saltar, atravessar, cruzar etc, ao menos uma vez durante a entrevista. Utilizaram-nas com maior ou menor profusão e em maior ou menor diversidade de situações, segundo cada sujeito. (GUESNE, et. al. p. 1999, p. 36)

Essas expressões podem indicar que os estudantes reconhecem a luz como uma entidade, dissociada de sua fonte. Entretanto, o uso dessas expressões não significa que os estudantes compreendam o deslocamento da luz de um ponto a outro, como afirma Guesne (in DRIVER, et. al. 1999, p. 33):

Em raras vezes os alunos manifestam explicitamente a ideia de que a luz se move no espaço. Quando o fazem, quase sempre se referem a distâncias muito grandes [...] Portanto, a ideia de que a luz se move é muito mais estranha aos estudantes, inclusive quando consideram que é uma entidade localizada no espaço (GUESNE, et. al. 1999, p. 36).

O movimento da luz é atribuído à sua fonte, ou seja, não possuem a clareza de que a luz se desloca de um ponto a outro no espaço.

#### *b) A propagação em Linha reta*

A noção de que a luz se propaga em linha reta pode estar completamente dissociada de tempo de propagação. Os alunos podem realmente representar a luz mediante raios retos sem ter ideia alguma do movimento da luz ao longo desses raios. (GUESNE, et. al. p. 37, 1999). Entretanto, não existem afirmações dos alunos, citadas por Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999) que mencionem a propriedade da luz se propagar em trajetória retilínea.

#### (4) A luz e suas interações com a matéria: a reflexão da luz nos objetos;

Das interações da luz com a matéria foram investigadas as propriedades de Cor e de reflexão da luz por objetos e espelhos. Quanto à cor:

Descobrimos em nossas entrevistas que os estudantes geralmente não associam espontaneamente a cor com a luz. Para eles, a cor, é mais uma propriedade intrínseca dos objetos (GUESNE, E. In. DRIVER, R. et. al. 1999, p. 43).

Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999) propôs ainda uma atividade para verificar se existiam concepções à respeito da reflexão da luz pelos objetos. Com uma lanterna direcionada inicialmente para uma folha de papel em branco e depois para um espelho, foi feita a seguinte pergunta: “o que a luz faz no momento em que acendo a lanterna?”

As respostas dominantes consideram que “[...] a luz abandona a lâmpada se fixa no papel, enquanto o espelho a reflete (GUESNE, E. In DRIVER, R. et. al. 1999, p. 44)”.

Assim, os estudantes não consideram que a luz pode ser refletida por objetos comuns. Essa concepção pode representar uma dificuldade na compreensão de outros fenômenos Ópticos, como a formação de imagens e o processo de visão:

Portanto, as crianças de 13 – 14 anos admitem que a luz pode ser refletida pelos objetos comuns. Mas podem deixar de lado essa ideia quando a percepção fornece outra chave para interpretar a situação, por exemplo. (GUESNE, E. In DRIVER, R. et. al. 1999, p. 46).

#### (5) Concepções sobre luz e visão.

O processo de visão parece bem familiar aos estudantes, apresentando em suas falas uma estreita relação entre a luz e os mecanismos que envolvem a visão. Quando questionados por Guesne (1999): “[...] ‘o que é a luz para você?’ e ‘o que faz a luz?’”, duas concepções são dominantes: a luz ilumina as coisas; a luz no permite ver. ( p. 50, 1999)

Entretanto, as explicações da relação entre luz, objeto e olho são confusas e diferem umas das outras, criando quatro novas concepções. Essas concepções estão dispostas na imagem abaixo, proposta por Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999).

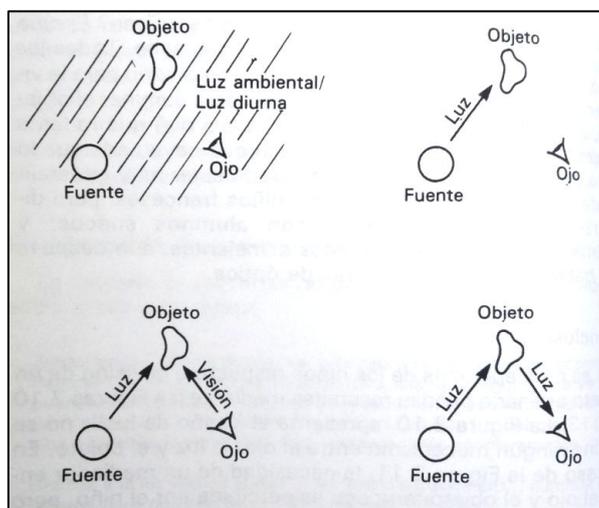


Figura 10 - Imagem proposta por Guesne (In. DRIVER et. al. p. 56, 1999) que representam a evolução das concepções dos estudantes em relação ao processo de visão.

A primeira imagem representa a concepção denominada de por Guesne (1999) de “Banho de luz”. Nela o aluno não define nenhuma relação entre olho, luz e objeto. Assim acredita-se que basta a existência dos elementos, em qualquer posição para que seja possível ver o objeto.

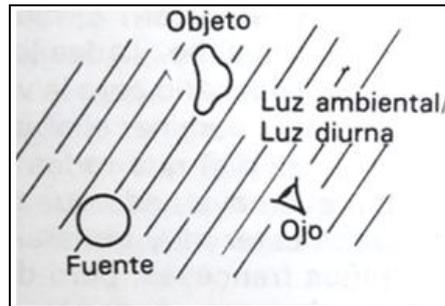


Figura 11 - Concepção denominada "Banho de Luz"

Na concepção representada pela segunda imagem, ainda não é possível perceber uma relação direta entre os três elementos, mas a luz desempenha o papel de iluminar o objeto.

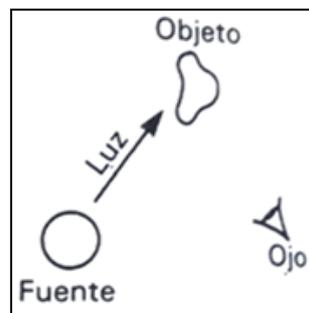


Figura 12 – concepção de visão incompleta: não estabelece relação entre o olho e a luz

Guesne (In DRIVER, R. et. al. 1999) afirma que as duas primeiras imagens “são igualmente representativas das ideias que mantém a imensa maioria das crianças. Vimos, de fato, que poucas crianças imaginam a “visão” como um movimento desde o olho ao objeto” (p. 55, 1999).

A concepção representada na terceira imagem é de natureza mais complexa, pois estabelece uma relação entre luz, objeto e olho. Entretanto, está parcialmente correta.

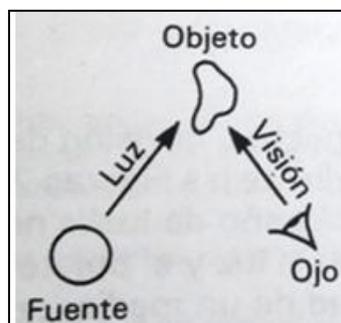


Figura 13 - Concepção de visão que relaciona olhos, fonte de luz e objeto

A descrição de um raio de luz, que sai dos olhos e atinge o objeto, não é interpretada por Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999) como semelhante às teorias antigas do “fogo Visual”, por exemplo:

Para as crianças, o movimento que parte dos olhos até o objeto permanece em um plano abstrato; [...] Somente é comum a essas representações de visão a ideia de que o sujeito é a origem do processo em vez de seu receptor (GUESNE, E. In DRIVER, R. et. al. 1999, p. 53)

A última imagem representa a concepção do cientista, contendo uma relação sistemática entre luz, objeto e olhos: a luz ilumina o objeto, este reflete parte da luz que chega aos olhos do observador.

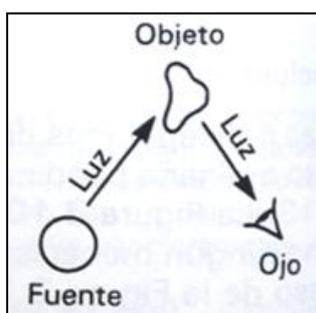


Figura 14 - concepção correta de visão

Entretanto, como menciona Guesne (1999), esse modelo:

[...] raramente corresponde aos das crianças, especialmente quando os objetos não são luminosos, o que concorda com a ideia de que as crianças não tem bem estabelecida a noção de que os objetos refletem a luz. (GUESNE In. DERIVER, R. 1999, p. 55).

Outra pesquisa em concepções alternativas sobre conceitos de óptica geométrica mostraram resultados semelhantes. Harres (1993) aplicou testes com questões de óptica para estudantes do segundo grau, a fim de investigar sua principais de concepções alternativas. Adicionalmente apresentou um conjunto de concepções em óptica, que constavam na literatura da época, muito semelhantes àquelas definidas por Guesne (in. DRIVER, R. et. al.,1995). Os trabalhos citados por ele afirmam que os estudantes dificilmente reconhecem a propagação da luz, e que em geral, é definida como sendo um estado ou estando na fonte emissora (p. 222, 1993). Conseqüentemente, muitos estudantes não consideram a propagação retilínea da luz, bem como sua velocidade (HARRES, 1993).

À respeito do processo da visão Harres (1993) menciona que os estudantes não estabelecem relações entre a luz, objeto e os olhos, provavelmente por não compreenderem o conceito de propagação da luz. Harres (1993) afirma:

É comum o estudante considerar que, para ver um objeto, não é necessário que venha luz do objeto até nossos olhos. Alguns estudantes apresentam de modo muito arraigado o modelo dos raios visuais, proposto por Aristóteles, para explicar o processo da visão (HARRES, 1993, p. 222).

Modelos definidos também por Guesne (in DRIVER, R. 1999).

A reflexão de luz por objetos opacos não é reconhecida pelos estudantes, como afirma Harres (1993). Em contrapartida, reconhecem que os espelhos são capazes de refletir a luz, o que o autor reforça “o modelo alternativo para a visão (1993, p. 222)”

Andrade (1995) apresenta um estudo dos pressupostos da pesquisa em concepções alternativas bem com das principais concepções alternativas em óptica, obtidas por meio de entrevistas a alunos de segundo grau. Vale ressaltar que Andrade (1995) menciona as mesmas concepções apresentadas por Guesne (in. DRIVER, R. et. al. 1999) e são semelhantes às de Harres (1993), no que se refere à formação de imagens, e propagação da luz.

Entretanto, apresenta uma revisão à respeito das sombras, que julgamos necessária para a discussão. Afirma que boa parte das crianças estabelecem relação do tamanho da sombra com a intensidade luminosa “se a intensidade da luz muda, o tamanho da sombra muda(1995, p. 26)”.

Andrade afirma ainda que “a interpretação do fenômeno da sombra pelas crianças, é feita eliminando toda e qualquer referência explícita à luz (ANDRADE, J. 1995, p. 29)

O trabalho de Bravo (2011) contribui de forma diferente daquela proposta por Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999). Discutindo as concepções dos estudantes sobre visão, Bravo (2011) estabelece quatro categorias de organização.

A primeira categoria se refere à concepção caracterizada como ideia intuitiva, e representa uma forma de raciocínio chamada por Bravo (2011) de reducionista, onde o indivíduo:

[...] reconhece parcialmente os elementos envolvidos na visão e percepção da cor, mas não se reconhecem interações entre eles. O fenômeno é explicado em função de fatos observáveis e a partir de ideias construídas segundo informação fornecida diretamente pelos sentidos” (BRAVO, 2011, p.112).

Bravo (2011) menciona uma fala com exemplo dessa categoria: “ vemos os objetos por olhamos para eles (2011, p. 112)”

Assim, nessa concepção o estudante considera suficiente apenas os olhos para que possamos enxergar.

A segunda categoria é denominada de Ideias causais simples, representando um raciocínio reducionista. Bravo (2011) determina que nessa concepção, “se reconhecem relações de causalidade linear entre luz e objetos. Um papel passivo é concedido ao sistema visual (2011, p.112)”.

Como exemplo dessa categoria, Bravo menciona a fala: “*vemos por que a luz ilumina o objeto e o olhamos*” (p.112, 2011). Apesar de apresentar uma característica intuitiva, é de natureza mais complexa se comparada com a anterior. Nessa concepção o estudante reconhece a importância da luz no processo de visão, mas não estabelece relações entre eles.

Na terceira categoria, as ideias são reconhecidas como parcialmente adequadas no contexto da ciência escolar. Bravo (2011) afirma que nessa concepção “se reconhece a interação luz-objeto (e com isso os processos de absorção e reflexão difusa e seletiva) como uma causa de percepção, enquanto um papel mais passivo é dado ao sistema visual” (ao conceder-lhe o papel de "olhar"). O raciocínio é caracterizado como pluriconceitual não sistêmico. Algumas falas dos estudantes são citadas por Bravo (2011) como exemplo: “« ‘*a luz refletida pelos objetos é que permite a visualização deles*’. Para efetivar a visão devemos olhar o objeto’ (2011, p. 112)”.

Diferente das anteriores, essa concepção demonstra uma influência de alguma instrução sobre o tema, por exemplo na escola, mas se mostra incompleta se comparada ao conhecimento científico. O estudante assume que a luz incide no objeto, e que parte dela é refletida. Entretanto, o sistema de visão desempenha apenas o papel de “olhar” tudo o que está acontecendo, não sendo considerado no processo de visão.

A última categoria se refere àquelas concepções que representam as ideias da ciência escolar. Nessa concepção, Bravo (2011) “[...] concebe-se que a luz refletida e/ou transmitida, é o estímulo externo que produz no sistema receptor múltiplos processos que levam à percepção visual. O raciocínio é considerado sistêmico, plurivariado e não reducionista (2011, p. 112)”.

Os exemplos citados por Bravo são: “vemos porque a luz refletida seletivamente pelos objetos incide no olho e estimula o sistema visual produzindo processos complexos que conduzem à visão do objeto (2011, p. 112).”

Assim, entendemos que as discussões estabelecidas pelos trabalhos citados podem ser relacionadas com o fim de interpretar nossos resultados, pois fornecem informações complementares. Diante desse panorama podemos resumir algumas das principais concepções alternativas dos estudantes em óptica, iniciando por aquelas propostas por Guesne (in, DRIVER, R. p. 581999) e presentes nas discussões de Harres (1993) e Bravo (2016).

- 1) Consideram a luz como uma “entidade no espaço” dissociada de sua fonte;
- 2) Os estudantes se referem à luz utilizando palavras como “sai, cruza, salta, etc...”, mas não aceitam explicitamente o movimento da luz, confundindo-o com o movimento da fonte de luz;
- 3) Não consideram que existe a luz, ao menos que seja suficientemente intensa para produzir efeitos, como por exemplo, a reflexão em espelho.
- 4) Não consideram que objetos comuns possam refletir a luz, enquanto que a maioria assume que a luz é refletida por espelho. Portanto, a maioria não considera que nossos olhos recebem a luz que vem dos objetos.
- 5) Quanto aos processos de visão, duas concepções são comuns entre os estudantes: a primeira considera a importância de existir luz, em todas as direções, o objeto e os olhos, mas não estabelecem relação entre eles. A segunda propõe que a luz tem papel de iluminar o objeto, mas essa luz não atinge necessariamente os olhos do observador.
- 6) Outra concepção de visão, menos comum entre os estudantes relaciona luz, objeto e olhos, mas com raios luminosos saindo tanto do objeto quanto dos olhos, colocando como importante o papel do observador, mas de maneira incorreta.

E finalmente , as concepções descritas por Andrade (1995) à respeito de sombras:

- 7) O tamanho da sombra geralmente é relacionado com a intensidade da luz.
- 8) Quando explicam o fenômeno da sombra, geralmente dispensam o uso da luz.

Observando as concepções descritas por Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999), foi possível compreender melhor as concepções apresentadas pelos estudantes no questionário

diagnóstico. Esse conhecimento foi decisivo no momento de planejar as ações, com a preocupação de proporcionar conflitos entre os conceitos científicos e as concepções. Dessa forma, as atividades desenvolvidas permitiram a discussão dessas concepções e a formulação de conceitos.

O conhecimento das concepções alternativas dos estudantes permitiu também uma análise mais precisa dos conceitos formulados durante as atividades, possibilitando relacioná-la com a importância da atividade experimental e da presença do professor.

## **2.7. O professor Mediador**

A discussão realizada sobre a importância das concepções alternativas nos processos de ensino e aprendizagem, juntamente com a proposta de uma experimentação investigativa que promova a discussão dessas concepções permitiram concluir que o contexto social das interações bem como a vivência de novas experiências são valiosas para a aprendizagem científica.

Nesse sentido, faz-se necessário discutir mais profundamente o papel desempenhado pelas relações sociais no processo de aquisição de conhecimento, e conseqüentemente, o papel do professor como mediador desse processo.

Inicialmente, alguns pontos da teoria sociohistórica de Vygotsky, no que tange o contexto social do indivíduo e sua influência na produção de conhecimento, precisam ser resgatados. Vygotsky (2007) concebia o desenvolvimento humano e a aprendizagem com processos culturais e sociais. Nessa concepção, os indivíduos se apropriam da cultura através da linguagem estabelecida com seus pares.

Outros autores discutem a perspectiva social da aprendizagem à luz de Vygotsky, valorizando sua importância. Como discute Gehlen et. al. (2010) o ambiente sociocultural é a origem do desenvolvimento humano:

[...] tomando como referência o ambiente cultural, gênese e desenvolvimento do homem, a abordagem vygotskyana entende que o processo de construção do conhecimento ocorre através da interação do sujeito historicamente situado com o ambiente sociocultural onde vive (GEHLEN et. al., 2010, p. 135).

No contato com esse ambiente o indivíduo estabelece também contato com os significados, por meio da linguagem, mais especificamente da palavra.

Esta por sua vez é a materialização da cultura e do conhecimento humano e se estabelece entre os indivíduos, portanto tem natureza essencialmente social.

É por meio da palavra que interiorizamos significados e, depois de um grande processo mental, desenvolvemos o conhecimento produzido pelo meio social. Como menciona Gehlen et. al. (2010):

Para Vygotsky a palavra está associada à construção de sistemas lógicos de pensamento, em que, como signo, é responsável pela gênese e pelo desenvolvimento das funções psicológicas superiores. [...] Portanto, o signo é mais que “contribuição” para o seu desenvolvimento: é, primeiramente, meio de comunicação; depois, constitutivo de novas funções psicológicas superiores (GEHLEN. et. al., 2010, p. 133).

Assim, percebe-se que a palavra desempenha papel fundamental na construção de pensamentos e posteriormente de conhecimento. Nessa perspectiva, Gaspar (GASPAR, 2014) considera que a compreensão do ser humano, de maneira plena, passa por compreender seus pensamentos. Esses por sua vez, são resultados da uma interação com os significados estabelecidos socialmente. Por meio da palavra, afirma Gaspar (2014) que “o pensamento existe *porque* a palavra existe” (p. 89, 2014).

A palavra, os conceitos, e significados, nesse contexto, podem ser entendidos como mediadoras das relações sociais, o que nos diferencia dos demais seres vivos. Estas criações humanas permitiram a transformação da natureza, dos indivíduos, e a construção de uma realidade simbólica que pode ser chamada de Cultura.

Nesse sentido, como afirma Gehlen et. al. (2010) “[...] para Vygotsky, a construção do conhecimento procede de uma ação partilhada, que implica um processo de mediação entre sujeitos. Assim, a interação social é condição indispensável para a cultura.”(p. 135, 2010).

Dessa maneira, a discussão nos leva à mediação, que pode ser estabelecida de diferentes formas. Segundo Gehlen et. al. (2010) a mediação pode ser realizada pelos signos, por exemplo, na observação de um fenômeno ou realização de um experimento. Nas atividades em sala de aula, [...] o professor é o agente mediador na relação entre aluno e objeto do conhecimento, em que o signo também é importante. (2010, p.141 ).

No contexto escolar a mediação do professor é fundamental, pois o contato do estudante com o signo deve ser orientado no sentido da aprendizagem dos conceitos. Assim,

como afirma Gehlen et. al. (2010) “o professor, caracterizado como “mediador”, dirige os significados produzidos nas interações sociais, em que há sempre uma intenção, uma finalidade nas atividades realizadas (2010, p. 141)”.

As interações durante uma atividade são muitas, e portanto, necessitam de orientação quanto às suas finalidades, em busca de um conhecimento científico correto.

Dessa forma, o conceito de mediação contribui para a resignificação do papel do professor, não mais como protagonista do processo de ensino, mas como facilitador das discussões.

Nesse sentido, toda a ação da professora durante as atividades está relacionada a definição de mediador, e nesse sentido será discutida.

## **2.8. A concepção de Experimentação em Vygotsky**

Assim como nossa proposta, alguns autores também consideram a discussão das atividades experimentais sob o olhar Vygotskyano e da mediação.

Gehlen et. al. (2010) discutem a experimentação sobre a perspectiva de Vygotsky como contribuição para o ensino de ciências que permita a ação do estudante.

[...] o uso da experimentação no ensino de Ciências é entendido como uma maneira do aluno interagir no processo de construção de sua aprendizagem, e nesse processo faz-se importante o papel do professor como mediador, evidenciando as experiências do aluno, seu conhecimento prévio e estruturando o conhecimento para se chegar ao “novo”.(GHELEN et. al., 2010, p.146).

As interações sociais presentes nos experimentos de maneira geral permitem que o sujeito controle a ação, e participe ativamente de seu processo de aprendizagem. Como cita Cação (2005), “a possibilidade de auto regulação é um dos aspectos essenciais do desenvolvimento, uma vez que redimensiona e reorganiza a atividade mental (CAÇÃO, R, 2005, p.12)”.

Gaspar (2014) também discute os pressupostos de Vygotsky para a experimentação, mais especificamente determinando as características de uma atividade planejada nessa concepção. Inicialmente, afirma que diferentes estratégias de ensino podem ser planejadas em pressupostos vygotskyanos:

[...] desde que elas possibilitem o desencadeamento de interações sociais das quais participe o professor ou, eventualmente, outro parceiro mais capaz que domine cognitivamente o conteúdo que é o objeto de ensino dessa interação (GASPAR, 2014, p. 209).

Essa discussão também valoriza a necessidade do professor como orientador das atividades experimentais, como mediador das discussões em busca da formulação do conhecimento. Gaspar (2014) ressalta ainda que a experimentação não deve ser concebida de forma ingênua pelo professor, “[...] essencialmente, ele deve evitar a falsa e ingênua expectativa de que basta fazer os alunos realizarem uma atividade experimental sobre determinado conteúdo para que aprendam esse conteúdo (GASPAR, 2014, p. 210)”.

Essa observação foi mencionada anteriormente na discussão, e merece destaque, pois enfatiza o papel do professor como mediador de ações na experimentação e das discussões a cerca dela. Assim, conforme a teoria de Vygotsky afirma, Gaspar (2014) enfatiza que o conhecimento não pode ser adquirido à partir dos objetos, mas é adquirido nas relações entre os indivíduos, assim:

Em outras palavras, a realização de uma atividade experimental por um grupo de alunos sobre determinado conteúdo só possibilita a aprendizagem desse conteúdo se esse grupo contar com a colaboração de alguém que domine esse conteúdo e oriente a realização dessa atividade em todas as suas etapas. (GASPAR, 2014, p. 210).

Dessa forma podemos definir que as atividades experimentais, formuladas na perspectiva de Vygotsky devem permitir as interações sociais e as discussões de concepções, estimula a autonomia dos estudantes, permitindo a manipulação dos recursos em busca de repostas à problemas específicos. E finalmente, definem o professor como o mediador desse ambiente de aprendizagem, com os objetivos dessas atividades claros em busca da aprendizagem de conceitos.

Em vista do que fora discutido nessa seção acreditamos ser possível associar as características de uma experimentação baseada em Vygotsky com a concepção investigativa.

Na concepção de uma atividade experimental investigativa as propostas se mostram desafiadoras ao aluno, estimulando-o a interagir com os objetos de aprendizagem, ou seja, permitem que o sujeito controle a ação, e participe ativamente de seu processo de aprendizagem. As relações entre os indivíduos e a mediação do professor tem papel decisivo

na construção de conhecimentos, e estão fortemente presentes em experimentos investigativos.

Diante de toda a discussão estabelecida podemos considerar que os experimentos investigativos, elaborados em uma perspectiva Vygotskyana, fogem do formato tradicional das atividades escolares, permitindo um espaço dialógico e dinâmico de trocas de conhecimentos e de aprendizagem.

No sentido de atender à demanda por um ensino diferenciado, que promova o engajamento e a autonomia dos estudantes, nossa proposta apresenta um conjunto de atividades experimentais investigativas (AEI), que valorizem as concepções alternativas dos estudantes, estimulando discussões na busca por construir conhecimentos.

### **3. Metodologia**

Nesse momento, faz-se necessária uma discussão do paradigma de pesquisa bem como da metodologia escolhida para responder aos questionamentos e objetivos levantados. A seção apresenta as características da pesquisa, que entendemos ser de natureza qualitativa, seguido da descrição das etapas desenvolvidas: escolha do público alvo, planejamento das ações na escola e das atividades realizadas, ferramentas de pesquisa e de análise de dados, bem como sua fundamentação teórica.

#### **3.1. Justificativa do paradigma**

Os elementos apresentados nas seções anteriores permitem caracterizar a pesquisa como Qualitativa Interpretativa, segundo a concepção de Mazzoti (1988) e Lüdke (1986). Mazzotti (1998) define que as pesquisas qualitativas possuem caráter compreensivo e interpretativo, considerando que as ações dos indivíduos são inspiradas por suas crenças e experiências.

Na concepção de pesquisa qualitativa de Lüdke (1986), cinco características básicas que representam e fundamentam nossas escolhas.

Iniciando do ponto de vista do contexto escolhido, a pesquisa qualitativa caracteriza um estudo que possui “ [...] o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento.[...] Supõe o contato direto e prolongado do

pesquisador com o ambiente e a situação investigada, via de regra através do trabalho intensivo de campo.”(Lüdke, M, 1986, p. 10)

Essa observação permite considerar o ambiente escolar como fonte de dados para uma pesquisa de natureza qualitativa, favorável para o contato direto do pesquisador com todos os elementos que possam influenciar a discussão e as conclusões do estudo.

Analisando por sua vez os dados provenientes desse contexto, percebe-se o que cita Lüdke (1986):

Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos. Inclui transcrições de entrevistas e de depoimentos, fotografias, desenhos e extratos de vários tipos de documentos. Citações são frequentemente usadas para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista. Todos os dados da realidade são considerados importantes. (Lüdke, M, 1986, p. 11).

Nesse sentido, a utilização de diferentes ferramentas de coletas de dados é necessária para que possamos nos apropriar dos diferentes elementos presentes na situação estudada.

O pesquisador deve estar atento aos detalhes de seu contexto de pesquisa, pois cada elemento pode contribuir para uma melhor interpretação do problema. Como descreve Lüdke(1986).

O pesquisador deve, assim, atentar para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada, pois um aspecto supostamente trivial pode ser essencial para a melhor compreensão do problema que está sendo estudado. ( Lüdke, M. 1986, p. 11)

Assim, para nosso estudo foram utilizadas filmagens dos estudantes durante a atividade, registros escritos pelos alunos, questionário diagnóstico, entrevistas e diário de campo da pesquisadora, que serão descritas posteriormente, instrumentos significativos para natureza da pesquisa.

A análise dos dados, por sua vez, se dá num processo indutivo, sem a busca por provar hipóteses definidas inicialmente, pois a pesquisa em educação se mostra mais ampla e a investigação do contexto fornece muitas outras abstrações, que dificilmente serão previstas antes da pesquisa, como discute Lüdke (1986):

As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados num processo de baixo para cima.[...] O desenvolvimento do estudo aproxima-se de um funil: no início há questões ou focos de interesse muito amplos, que no final se tornam mais diretos e específicos. O

pesquisador vai precisando melhor esses focos à medida que o estudo se desenvolve. (LÜDKE, M, 1986, p. 13)

Entretanto, como ressalta Lüdke (1986), “o fato de não existirem hipóteses ou questões específicas formuladas *a priori* não implica a inexistência de um quadro teórico que oriente a coleta e análise dos dados [...]”. Essa colocação deixa claro que a pesquisa busca compreender o contexto em sua totalidade, ou seja, os resultados são provenientes das interações do pesquisador com esse cenário, sendo que a busca por provar hipóteses formuladas anteriormente poderia minimizar os resultados obtidos.

Assim, nossa busca por compreender os conceitos formulados durante a Atividade Experimental Investigativa pode ser definida como Pesquisa Qualitativa Interpretativa, em vista do contexto escolhido, das ferramentas de investigação definidas, bem como dos cujos dados gerados. Essas escolhas permitiram analisar a influência das atividades investigativas na aprendizagem de conceitos de Física, com olhar para o contexto escolar determinado.

### **3.2. Etapas de desenvolvimento da pesquisa**

Nessa seção apresentaremos as etapas de desenvolvimento do estudo, com a finalidade de expor os caminhos trilhados desde a escolha do público alvo até a obtenção dos dados. O itens apresentados e discutidos são o contexto da pesquisa, as ferramentas de coleta de dados, o processo de elaboração das Atividades Experimentais Investigativas (AEI), as etapas da realização das atividades, e finalmente métodos de análise dos dados, e permitirão compreender melhor os resultados e conclusões obtidos.

### **3.3. Contexto da pesquisa**

O local escolhido para a pesquisa foi uma escola pública municipal, de ensino fundamental II, que atende alunos de 6º ao 9º ano, onde a pesquisadora exerceu função de professora de ciências durante cinco anos. A experiência docente foi essencial para dar vida a essa pesquisa, originando as inquietações e questões que se propõe responder.

Durante o trabalho com Física nas turmas de 9º ano foi possível perceber lacunas no processo de ensino e aprendizagem, principalmente quando as aulas eram expositivas. O resultado era sempre aquém do esperado, pois os alunos pareciam não compreender ou

lembrar os conceitos. Em muitas situações, eles diziam não entender a Física, não enxergar sua importância prática.

Ainda nessa experiência docente, diferentes atividades experimentais foram utilizadas, na busca por melhorar a aprendizagem. Entretanto, o problema persistia, e a apatia e o desinteresse pelas aulas de Ciências eram notórios. Essa observação levou à escolha de uma atividade experimental diferenciada, com caráter investigativo.

Assim, a proximidade com esse contexto escolar e a percepção dos problemas envolvendo a aprendizagem motivou nossa escolha.

A experiência da pesquisadora com a escola facilitou a aceitação da administração escolar em participar da pesquisa.

No primeiro contato com a administração foram expostos os objetivos do estudo, bem como as etapas de sua realização. Dessa forma, a direção tomou conhecimento de que se tratava de uma pesquisa qualitativa, que visava compreender quais conceitos em Óptica os alunos possuíam e como eles poderiam ser formulados ou modificados mediante a participação em Atividades Experimentais Investigativas. Essas por sua vez deveriam ser realizadas com estudantes de 9º ano, pois já cursavam Física em seu currículo, utilizando como espaço o laboratório da escola.

A escolha das turmas participantes foi feita com a colaboração da direção, no sentido de perceber as disponibilidades de horários para a realização das atividades. Assim, ficou estabelecido que fossem convidados a participar os estudantes de duas classes de 9º ano, no total de 44 alunos.

Em seguida, foi marcada uma aula de apresentação do projeto às turmas selecionadas. Esse momento foi chamado de contato inicial e está descrito nas seções seguintes.

A escola possui laboratório de ciências, onde foram realizadas as atividades. É importante destacar que o espaço vinha sendo pouco utilizado pela comunidade escolar, como foi possível observar nas respostas do questionário diagnóstico. Esse aspecto se mostrou relevante para a pesquisa e será discutido adiante, na seção de resultados.

A seguir, são apresentadas algumas fotos do laboratório da escola participante:



Figura 15: Laboratório de Ciências da Escola

No momento da pesquisa os alunos participantes já haviam estudado conceitos de Física, de acordo com o material didático utilizado pela escola e o estudo de Óptica foi brevemente apresentado, sem muita ênfase. Essa observação também se mostrou relevante para a nossa discussão, e será discutida nos resultados.

Finalmente, é necessário justificar nossa escolha em trabalhar com alunos de 9º ano. Inicialmente, percebemos que muitas pesquisas em ensino de Óptica tratam massivamente do ensino médio.

Entretanto, acreditamos que o trabalho mais intenso com física no Ensino Fundamental pode fornecer aos alunos maiores condições de acompanhar os estudos no ensino médio, e até mesmo despertar nele a vocação para seguir uma carreira científica. Consideramos que o trabalho com experimentos e conceitos de Física no 9º ano, com maior profundidade antes do ensino médio, possa mostrar ao aluno que é possível compreender a Física.

Assim, acreditamos que esse trabalho possa acrescentar novas formas de pensamento e postura dos estudantes frente ao conhecimento Físico no ensino médio, facilitando o processo de ensino aprendizagem.

### **3.4. Instrumentos de coleta de dados**

Nossa proposta de conhecer os conceitos formulados durante as atividades experimentais passa por compreender quais são as concepções alternativas dos estudantes, e como as diferentes interações presentes na atividade podem interferir no processo de modificação ou formulação de conceitos. Esse processo requer a utilização de ferramentas adequadas de coleta de dados, e coerentes com a natureza da pesquisa em questão. Nesse

sentido, as próximas seções buscam apresentar e respaldar as ferramentas escolhidas, de modo a oferecer suporte para a discussão dos resultados. Os diferentes instrumentos de coleta de dados utilizados forneceram informações que se complementaram, e a interpretação dos diferentes tipos de dados permitiram um conhecimento amplo do contexto, das turmas e dos conceitos formulados durante as atividades.

### **3.4.1. Questionário de Concepções Alternativas**

Como mencionado no segundo capítulo, quando os estudantes chegam às aulas de Física trazem consigo muitos conceitos elaborados ao longo de suas experiências e relações com seus grupos sociais e com a natureza, chamadas de concepções alternativas (DRIVER, 1999; VALADARES, 1995).

Como mencionou Driver (1999) investigação dessas concepções permite ao professor mapear os conceitos presentes em uma turma, e analisar qual a melhor metodologia.

O planejamento da aula, com base nessas concepções, possibilita então aproximá-las do conceito científico. Esse mapeamento de concepções, posteriormente se torna uma ferramenta importante para comparar se houve aprendizado ou modificação de conceitos ao longo do processo de ensino aprendizagem, como menciona Driver (1999):

Se conhecemos as ideias prévias dos estudantes, podemos atacá-las de modo direto mediante experiências que entrem em conflito com as expectativas, de maneira que os obriguem a reconsiderá-las (DRIVER, R. 1999, p. 27)

Fundamentados nessa discussão, pareceu-nos decisivo levantar previamente as concepções dos estudantes sobre óptica, visando o melhor planejamento e aproveitamento das atividades experimentais. Esse mapeamento foi realizado por meio de um questionário, que chamaremos de “Questionário de Concepções Alternativas”, aplicado no primeiro contato com as turmas, antes das atividades experimentais.

O conteúdo das questões aborda os conceitos de propagação retilínea de luz, absorção, formação de imagens, sombras, penumbra e eclipses, em sua parte inicial. As questões finais tratam das vivências do estudante com as atividades experimentais, sua afinidade com a disciplina de Ciências e suas expectativas em relação à participação no projeto, como pode ser observado em anexo.

Após a análise das principais concepções dos estudantes sobre óptica, apresentada no capítulo anterior, foi possível selecionar as questões que compuseram o questionário diagnóstico. As questões se basearam em algumas referências específicas do ensino de óptica como o livro “Física Conceitual” (HEWITT, P. 2011), e em trabalhos relacionados a investigação de concepções alternativas, como no questionário proposto por Harres (1993), em seu trabalho com concepções em óptica e trabalho de Driver et. al. (1999).

As questões finais estão relacionadas ao contexto da pesquisa e à característica do público. Foram baseadas nos princípios discutidos no capítulo anterior, sobre a perspectiva sociocultural do estudante e suas experiências anteriores, e elaboradas com o intuito de perceber características dos alunos, suas experiências, relação com a disciplina bem como suas vivências com a experimentação na vida escolar.

De forma geral, a utilização do questionário diagnóstico buscou inicialmente conhecer as concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos iniciais de óptica, a fim de utilizar estas informações para planejar como seriam conduzidas as atividades experimentais tanto na questão de conceitos quanto na questão de realização do experimento.

Quanto à estrutura do questionário, foram elaboradas questões dissertativas, naquelas referentes aos conteúdos de Física (questões de 1 a 7 em anexo no questionário de concepções alternativas), com o objetivo de permitir aos estudantes justificar e detalhar suas respostas.

As últimas questões (questões de 8 a 12, em anexo no questionário de concepções alternativas), referentes às vivências com experimentos e a afinidade com a disciplina de Ciências foram elaboradas em formato de múltipla escolha, e permitiam assinalar marcar a melhor resposta, entre as opções Dessa forma um panorama das concepções alternativas dos estudantes e o perfil da turma em relação à experimentação foi determinado. Uma tabela com as respostas fornecidas no questionário está disponível nos anexos.

### **3.4.2. Registros em vídeos e áudios**

Nossa escolha em planejar e realizar Atividades Experimentais de caráter investigativo, como discutido anteriormente, exigiu uma ferramenta capaz de captar ações, falas e discussões dos alunos durante no momento em que elas ocorriam, permitindo acompanhar cada grupo na elaboração de explicações e conceitos. A opção escolhida foi

registrar imagens e áudios dos estudantes durante a realização das atividades. Vale ressaltar que o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Unicamp, o que viabilizou a utilização dessa ferramenta (o termo consta em anexo).

Como forma de facilitar o processo de registro, cada grupo elegeu um aluno responsável pela filmagem, e por enviar os arquivos para a pesquisadora, o que permitiu captar detalhes das discussões e das interações entre os estudantes.

As interações nos grupos de alunos, que segundo o que já fora discutido tem papel decisivo na aprendizagem, puderam ser observados nas filmagens e nos áudios coletados, o que valoriza ainda mais o uso dessa ferramenta.

### **3.4.3. Registros realizados pelos alunos**

Como forma de organizar os pensamentos e conclusões a cerca dos experimentos, foi solicitado aos grupos que registrassem todas as ideias e conclusões obtidas a partir da atividade na forma de um relatório escrito, de modo a responder as perguntas feitas pela pesquisadora no início de cada aula. Essa ferramenta se mostrou necessária para complementar as filmagens, pois permitiu avaliar qual foi a conclusão do grupo, aquilo que os estudantes escolheram como fundamental para registrar, bem como sua capacidade de organização das explicações. Durante as filmagens surgiram muitas ideias e discussões, dificultando muitas vezes observar claramente quais conceitos estavam em evidência na discussão. Assim, o relatório escrito complementou as filmagens, e estão disponíveis em anexo.

### **3.4.4. O diário de campo**

Das ferramentas descritas até o momento, nenhuma trata da perspectiva da pesquisadora, em seu papel mediação. Assim, fez-se necessária a utilização de um Diário de Campo. A cada interação com os grupos, nas diferentes atividades, foram escritas as impressões e ações da pesquisadora em sua mediação, a fim de perceber como ela influencia nas discussões dos grupos e na compreensão dos conceitos. Os relatos contêm observações de todas as etapas do projeto, dificuldades, impressões e observações pertencentes à ação mediadora.

Inicialmente, como descrito em cada atividade, cada grupo deveria fazer o registro de suas falas e discussões por meio de áudio e/ou vídeo. Posteriormente à atividade, cada grupo deveria escrever em uma folha cada etapa da investigação realizada e formular a explicação para o fenômeno. Como fonte de informação adicional, foi escrito um diário de campo pela professora pesquisadora contendo todas as observações e ações da mediação.

Alguns dos relatos serão transcritos e discutidos no decorrer desse trabalho. Ao término das atividades, alguns estudantes foram convidados para uma entrevista, realizada em grupo, com o objetivo de verificar alguns conceitos trabalhados nas atividades bem como a impressão sobre as atividades realizadas, informações que também estarão descritas nos capítulos que seguem.

### **3.4.5. Entrevistas**

A etapa final de coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas. Sua fundamentação e elaboração se baseiam nas concepções de Manzini (1991) e Lüdke (1986).

Na concepção de Lüdke (1986), a entrevista semiestruturada “se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações” (LÜDKE, M, 1986, p. 34)

A definição proposta por Manzini (1991) enfatiza a necessidade de uma estrutura inicial de perguntas relacionadas aos temas, que permitam o surgimento de outras questões conforme a entrevista se desenrola:

[...] está focalizada em um assunto sobre o qual confeccionamos um roteiro com perguntas principais, complementadas por outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista. (MANZINI,1991, p. 154)

Essa ferramenta se caracteriza como importante nas pesquisas qualitativas, pois segundo Lüdke (1986) são:

Mais do que outros instrumentos de pesquisa, que em geral estabelecem uma relação hierárquica entre o pesquisador e pesquisado, como uma observação unidirecional, por exemplo, ou na aplicação de questionários ou de técnicas projetivas, na entrevista a relação que se cria é de interação, havendo uma atmosfera de influência recíproca entre quem pergunta e quem responde. (LÜDKE,, M. 1986, p. 34)

Essas características são mais evidentes nas entrevistas semiestruturadas, onde a aproximação entre o pesquisador e o entrevistado permitem uma conversa franca e informações mais livres.

Nesse sentido, optamos por realizar as entrevistas, após a realização das experiências, com dois objetivos principais: verificar quais conceitos de óptica ficaram mais evidentes, e como foi a experiência de participar do projeto, particularmente, como as atividades experimentais auxiliaram na compreensão dos conceitos.

Entretanto, é importante ressaltar que as entrevistas foram realizadas com um grupo menor de alunos, devido ao tempo disponível para a realização das atividades. Seria inviável entrevistar todos os alunos participantes.

Esses alunos foram convidados a participar da entrevista, que foi realizada em grupos três alunos, à pedido dos participantes.

As questões previamente elaboradas foram:

1. *Com as atividades vc conseguiria explicar as características da luz?*
2. *Qual foi a parte mai interessante da atividade?*
3. *Você se sentiu motivado a participar da atividade? Por que?*
4. *Nas aulas de ciências, você considera necessário utilizar experimentos? Explique por que?*
5. *Explique o que você entendeu sobre como a luz é importante para a nossa visão?*
6. *Você errou durante a realização das atividades?*
7. *O erro ajudou ou atrapalhou chegar na resposta?*
8. *Hoje você considera mais fácil ver a luz e seus efeitos no seu dia a dia? Saberria me dar um exemplo?*

### **3.5. Desenvolvimento**

A seção apresenta o processo de elaboração e realização das Atividades Investigativas, bem como a sequencia de realização das atividades na escola. Esse processo apresenta características importantes para a compreensão dos resultados dessa pesquisa. Sendo assim, sua descrição se faz necessária e está organizada nos itens abaixo.

#### **3.5.1. O contexto de elaboração das atividades**

A principal motivação para a criação das atividades experimentais desenvolvidas nesse trabalho vem da experiência docente da pesquisadora no ensino de Física, como mencionado brevemente acima. No contexto de sala de aula já descrito, a realização de atividades experimentais não vinha produzindo o feito de aprendizagem esperado. Poucos eram os conceitos apreendidos pelos estudantes e grande era sua apatia diante das atividades. Nesse sentido, surgiu a ideia de trabalhar com uma nova perspectiva de experimentação, com a abordagem investigativa.

Entretanto, faltavam elementos que possibilitassem a elaboração de experimentos em Óptica que atendessem às características das AEI. O contato com a exposição “Veja a Luz como nunca viu”.

A exposição, situada na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) foi desenvolvida pelo Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi e inaugurada no evento Universidade de Portas Abertas, em agosto de 2015. Desde então, atende a diferentes públicos escolares. Sua criação baseia-se na experiência adquirida com o trabalho em Óptica e experimentos realizados nos cinquenta anos de carreira do professor Lunazzi. A visita à exposição tem uma hora de duração e as escolas interessadas podem agendar dia e horário de preferência.

Composta por diferentes experimentos, a exposição aborda a temática de Óptica, com foco nos estudantes de ensino fundamental II e médio. De fácil manipulação, os experimentos são, quase na totalidade, construídos com materiais caseiros, de baixo custo e simples aquisição. Além de proporcionar uma vivência na universidade e discutir temas de Óptica, a exposição propõe adicionalmente cumprir uma carência dos sistemas escolares, quanto à falta de materiais nas salas de aula de escolas e da experimentação nas metodologias adotadas.

Na concepção do professor Lunazzi, a experimentação deve levar o estudante a pensar, e questionar aquilo que observa em busca de uma explicação para o fenômeno. Portanto, é necessário que as montagens experimentais propostas permitam ao aluno interagir e manipular os instrumentos, provocando esses questionamentos. Entretanto, a simples manipulação de equipamentos não conduz à formulação dos conceitos. Assim, após cada interação com os experimentos da exposição, existe uma discussão entre os estudantes e o monitor, com o intuito de ressaltar os conceitos científicos trabalhados nos experimentos e aqueles formulados pelos estudantes.

Essa concepção de experimentação foi utilizada no planejamento e na execução das atividades na escola, como será descrito posteriormente.

A exposição está dividida em três módulos. O módulo inicial aborda a óptica geométrica, onde a luz pode ser observada como raio. Este por sua vez é composto dos seguintes experimentos:

- Visualização de sombras simples e sombras 3D, com a utilização de óculos para a visão tridimensional.

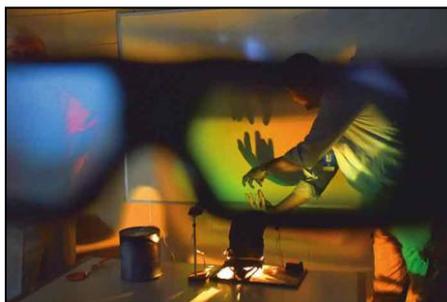


Figura 16 - Sombra 3D observada com óculos para visão tridimensional

- Apresentação da Câmara de Furo e de máquinas fotográficas, como forma de visualizar imagens e suas características, verificando o princípio de propagação retilínea da luz.
- Demonstrações da refração com a utilização de um prisma de ângulo variável, idealizado e construído pelo professor Lunazzi (LUNAZZI, 2009), formado por lâminas de vidro e água.
- Projeção do espectro luminoso por meio de um grande prisma de água



Figura 17 - Prisma de ângulo variável

- Demonstração da trajetória da luz *laser* utilizando um umidificador de ar, realizada com uma grande lente de vidro preenchida com glicerina.
- Projeção da divergência ou convergência de lentes de óculos (lentes cilíndricas)

De forma geral, a metodologia utilizada na idealização do primeiro módulo de experimentos apresenta as propriedades da reflexão da luz por meio de fendas bem intensas, que buscam explicar como ocorre a formação de imagens divergentes (“virtuais”) e

convergentes (“reais”). O público pode também visualizá-las por meio da manipulação de espelhos de maquiagem, colheres, bandejas de alumínio, entre outros possíveis utensílios domésticos.



Figura 18 - Reflexão demonstrada com uma fenda e um espelho esférico

As propriedades de energia da luz são mostradas por meio de um radiômetro. Aparelho onde o elemento central gira por influência da Luz de uma lanterna. Essa propriedade também é demonstrada na apresentação de materiais com diferentes graus de refletividade como o vidro simples, alguns fragmentos de rocha de hematita e pirita (base dos espelhos arqueológicos americanos) e espelhos comuns.



Figura 19 - a) Radiômetro; b) Demonstração utilizando vidro simples, hematita e pirita.

No segundo módulo a luz é estudada como ondas. Essa seção se subdivide nos experimentos de difração e interferência, utilizando um Interferômetro Michelson caseiro, e na apresentação de hologramas, incluindo uma versão a cores, feito a partir de uma tomografia.

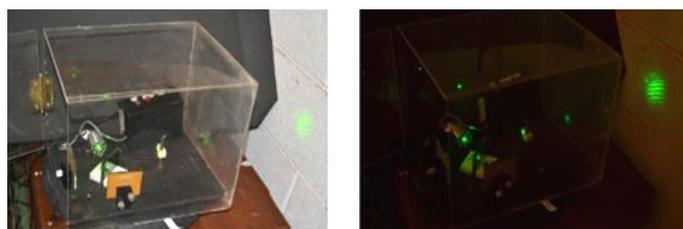


Figura 20 - Interferômetro de Michelson caseiro em funcionamento



Figura 21 - Imagem de um Holograma da exposição

O terceiro e último módulo apresenta o que existe de mais moderno em termos de aplicação e pesquisa na área de Óptica moderna. As atividades apresentadas discutem sobre a tecnologia das comunicações, a luz como pacotes de energia, a utilização de equipamentos caseiros para produzir hologramas e a apresentação de um holoprojetor. Trata-se de um projetor tridimensional que não precisa de óculos 3D para mostrar imagens com perfeição tridimensional.



Figura 22 - Sistema caseiro para gravação de hologramas



Figura 23 - Imagens produzidas por Holoprojetor

Diante do contato com a exposição e as concepções de experimentação do professor Lunazzi, as atividades puderam ser planejadas e desenvolvidas nesse trabalho. O tema escolhido teve como inspiração o módulo inicial da exposição, com foco nos conceitos de Óptica Geométrica, considerando seu potencial para a formulação de atividades experimentais de fácil montagem, e com caráter investigativo.

### 3.5.2. Características gerais das AEI

Conforme citado anteriormente, as atividades foram idealizadas seguindo os princípios da atividade Experimental Investigativa e a exposição “Veja a Luz como nunca viu”.

Conforme o referencial adotado, a composição das AEI buscou não fornecer um roteiro para a realização das atividades, seguindo a proposta de dar autonomia ao estudante na escolha dos processos investigação. Assim, os títulos das atividades foram formulados em forma de Questões Problematizadoras.

Entretanto, após a análise do questionário diagnóstico, o grupo de estudantes mostrou pouca vivência com experimentação, tornando difícil a tarefa de decidir qual montagem experimental poderia responder às questões propostas. Consideramos então necessário nortear o processo de investigação, de forma sutil e sem influenciar nas decisões. Assim, foram disponibilizadas questões guia, com o intuito de esclarecer quais seriam os pontos importantes a serem buscados por eles durante as ações. Essas questões foram escritas na lousa, no início de cada experimento, e foram descritas na seção seguinte.

Os conceitos escolhidos para compor as atividades pertencem ao estudo inicial de Óptica geométrica: propagação retilínea da luz, reflexão, absorção; formação de imagens; sombra e processos de visão.

Assim foram elaboradas três atividades experimentais investigativas, realizadas no laboratório da escola, em três aulas, com duração de noventa minutos cada uma.

Para a realização de todas as atividades os estudantes se organizaram em grupos de cinco alunos, separados por bancadas contendo os materiais necessários a cada atividade. Esses grupos se mantiveram ao longo das ações, para facilitar a análise dos dados em cada experimento.

As AEI foram organizadas em cinco momentos: o contato inicial com os estudantes, preparação para o uso do laboratório e para a realização das atividades e as Atividades Experimentais 1, 2 e 3.

#### *a) Contato inicial com os estudantes*

Esse momento caracterizou o primeiro contato com os estudantes, realizado por meio de uma apresentação do projeto. O principal objetivo foi convidar os alunos a participar das atividades, de forma atrativa e lúdica, possibilitando também a aproximação da pesquisadora com o grupo.

Vale ressaltar algumas características do currículo de Ciências para o 9º Ano do Ensino Fundamental, utilizado na escola em questão. O conteúdo de ciências passa ser dividido em Física e Química, como forma de introdução ao Ensino Médio, o que justifica nossa proposta de trabalhar com Física nessa série.

Os conteúdos abordam tópicos de mecânica, termologia, Óptica, Ondas e Eletricidade, divididos em quatro bimestres.

Assim, apresentamos o tema de Óptica, com imagens ilustrando possíveis implicações dos conceitos como formação de imagens, sombras, ilusões de óptica e imagens 3D. Nesse momento, propusemos aos estudantes a realização de atividades experimentais, utilizando o laboratório da escola, para o estudo dos temas apresentados.

Ainda no primeiro contato com os estudantes foi realizada a pesquisa das concepções alternativas, por meio de um questionário, apresentado em anexo, contendo algumas questões sobre luz, imagens de objetos, sombras, visão e características das imagens 3D. Adicionalmente foram realizadas algumas questões sobre a vivência dos estudantes com experimentos nas aulas de Ciências, e sua afinidade com a disciplina.

Os estudantes foram orientados a responder as questões sem nenhuma ajuda da pesquisadora ou de outros colegas, para que as respostas fossem mais fiéis aos conceitos prévios individuais. A análise de todas as respostas facilitou o mapeamento dos conhecimentos de cada turma e nortearam as ações da pesquisadora durante a mediação das atividades. É importante ressaltar que foram entregues nesse momento os termos de consentimento para a participação da pesquisa, referentes ao Comitê de ética e Pesquisa da Unicamp, a fim de formalizar a participação dos estudantes.

Torna-se importante ressaltar também que foram utilizados todos os questionários respondidos, uma vez que a adesão ao projeto foi total. A análise de todas as respostas facilitou o mapeamento dos conhecimentos de cada turma e nortearam as ações da pesquisadora durante a mediação das atividades.

*b) Preparação para o uso do laboratório e para a realização das atividades*

Esse momento não se caracterizou como uma atividade experimental, mas foi essencial para a boa realização das ações. Como visto anteriormente, os estudantes não possuíam o hábito de utilizar o laboratório, o que poderia trazer alguns problemas de execução e de comportamento durante as atividades.

Assim, antes de iniciar a primeira atividade experimental a mediadora realizou uma breve apresentação do laboratório, estabelecendo algumas regras de conduta e segurança.

A pouca vivência dos estudantes com a experimentação levaram à necessidade de uma discussão sobre o que é ciência e investigação científica.

Para iniciar essa discussão, foi escrito na lousa uma frase de motivação, que trazia o conceito de investigação, transcrita abaixo:

“Se não há pergunta, não há conhecimento” Gaston Bachelard

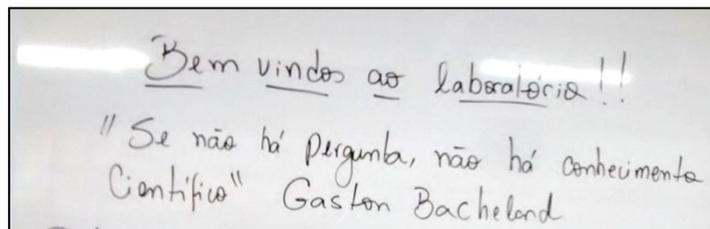


Figura 24: Apresentação das atividades: mensagem de Boas Vindas

Em seguida, algumas questões sobre Ciência foram propostas, visando apreender dos estudantes suas concepções sobre o fazer ciência e o conhecimento científico. Essas questões foram disponibilizadas na lousa, juntamente com algumas orientações de como fazer uma investigação experimental, provenientes do referencial teórico da experimentação investigativa.

No quadro abaixo estão descritas as questões e as orientações fornecidas aos alunos durante a atividade:

Quadro: Discussão sobre ciência e Investigação

<b>Questões iniciais sobre ciências</b>	<b>Orientações para a investigação</b>
1) O que é Ciência? 2) Como se faz Ciência?	1) Planejar as ações para resolver o problema 2) Anotar todas as tentativas experimentais 3) Explicar e discutir a resposta

Vale ressaltar que essa pequena discussão não estava nos planos iniciais das ações, mas em vista da análise feita das concepções prévias e da vivência de laboratório dos estudantes, julgamos necessário fornecer algumas diretrizes para que os estudantes iniciassem a atividade com tranquilidade.

Assim, finalmente a primeira AEI pode ser iniciada, cuja descrição se encontra a seguir.

*c) Experimento 1 - Por onde anda a Luz?*

Essa atividade teve por objetivo estudar a reflexão da luz em espelhos planos, utilizando lanternas. Esperávamos que os estudantes pudessem perceber que a luz possui trajetória retilínea, que pode ser refletida em superfícies lisas. A montagem experimental deveria ser idealizada pelos estudantes, a fim de responder à questão inicialmente proposta, e contou com a utilização dos seguintes materiais: lanterna comum, espelho plano simples, papel celofane.



Figura 25 - Materiais disponíveis para o experimento 1

Inicialmente os estudantes foram orientados a entender por onde anda a luz, como é sua trajetória e o que acontece quando incide em diferentes superfícies. Ao final do experimento, os grupos de alunos deveriam escrever os passos realizados durante a investigação e formular uma resposta para a questão por onde anda a luz. As questões-guia fornecidas nessa atividade foram:

1. Onde existe luz?
2. Como ela se desloca?
3. Por que ela é importante para a visão?

*d) Experimento 2 – Como é possível um objeto menor encobrir um objeto maior?*

Nessa atividade aos estudantes deveriam utilizar os materiais da bancada, com a missão de formar imagens, nas quais os objetos pequenos cubram os maiores, registrando em áudio ou vídeo todas as ações do grupo, e elaborando uma resposta final.

A proposta dessa atividade permitiu trabalhar com os conceitos de sombra, penumbras e absorção da luz. Para a montagem experimental os estudantes possuíam discos de isopor de diferentes tamanho, um espelho, papel celofane vermelho, molde de papel cartão com furo e lanternas, que deveriam ser utilizados para responder à questão inicial.



**Figura 26-** materiais utilizados no experimento 2

Com o experimento, esperávamos que os estudantes observassem a variação do tamanho das sombras em relação à distância da fonte de luz, e que assim é possível responder à pergunta inicial. Conforme realizado na atividade anterior, foram fornecidas algumas questões-guia:

- 1) Como a luz e a distância interferem na experiência?
- 2) Os tamanhos dos objetos são importantes?
- 3) Qual fenômeno natural pode ser explicado com esta atividade?

Abaixo estão algumas imagens dos estudantes realizando a segunda investigação:



**Figura 27 -** Estudantes realizando a investigação sobre as sombras

e) *Experimento 3 - Como se forma uma Imagem?*

A última atividade experimental proporcionou uma investigação sobre a formação de imagens, e suas características, por meio da questão problematizadora, “**Como se forma uma imagem?**”. Nesse percurso, os estudantes receberam os materiais que possibilitassem a montagem da câmara de furo, como objeto capaz de formar imagens. Entretanto, com base novamente na análise do perfil das turmas foi necessário elaborar atividade complementar, que ilustrasse o caminho para a construção da câmara de furo, sem fornecer um roteiro de sua construção.

Assim, houve a necessidade de introduzir o tema de formação de imagens por meio de uma demonstração realizada pela mediadora. Para tanto, foi construído um projetor de imagens caseiro. Sua constituição é semelhante ao de uma câmara de escura e envolve uma caixa de sapatos, uma lupa e um suporte de papelão interno, para celular. Ao ligar o celular percebe-se que sua imagem aparece invertida quando projetada na parede. Sua montagem está representada na imagem abaixo:



Figura 28 - Montagem experimental do projetor caseiro

Dessa maneira, foi possível ilustrar o processo de projeção das imagens e fornecer uma orientação sobre a investigação, sem influenciá-los de forma excessiva.

Finalmente foi possível iniciar a terceira e última atividade experimental. Nessa AEI os alunos deveriam utilizar os materiais disponíveis na bancada, as questões-guia e a demonstração realizada em sala de aula como ferramentas para responder à questão problematizadora: “**Como se forma uma imagem?**”

Os materiais disponíveis para a realização da atividade foram: papel cartão preto, plástico fino transparente, papel alumínio, tesoura, fita adesiva, lanternas.



Figura 29: materiais disponíveis para a montagem da Câmara Escura de Orifício

As questões-guia foram novamente disponibilizadas na lousa e descritas abaixo:

- 1) A presença da luz é importante?
- 2) O que pode ser utilizado para projetar a imagem?
- 3) Como você relaciona a experiência com seu cotidiano?

A atividade foi planejada com o intuito de discutir os conceitos da formação de uma imagem real e suas características (imagem invertida, menor que o objeto).

Para tanto, após a montagem experimental os estudantes deveriam apontar a Câmara de Furo para uma fonte de luz, e verificar suas características. Para garantir uma imagem nítida e de características perceptíveis, foi necessário que construíssemos uma fonte de luz adequada. Assim, utilizando uma luz de emergência, e papel colante, foi desenvolvida uma fonte de luz no formato de seta, permitindo que o estudante observasse suas características na câmara de furo.



Figura 30- lâmpada de emergência adaptada como fonte de luz

Após a construção da Câmara de Furo pelos estudantes, duas observações foram feitas. A primeira com apenas um furo, com a câmara apontada para a seta iluminada, como ilustra a figura:



Figura 31 – Aluno observando a lâmpada com a Câmara Escura de Orifício

Na segunda observação os estudantes deveriam fazer outro furo, ao lado do primeiro, e fazer novamente a observação, como mostra a imagem a seguir:

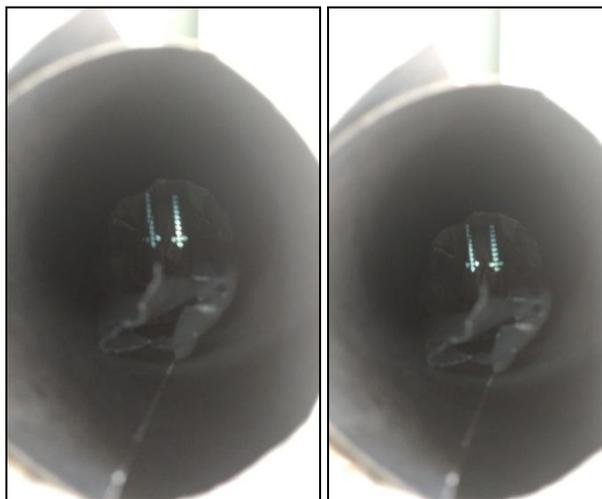


Figura 32 - Imagens formada pela Câmara Escura, com dois orifícios, registradas por dois grupos de alunos

Adicionalmente, esperávamos que os estudantes pudessem fazer uma analogia entre o experimento da Câmera escura de orifício e o sistema de visão.

Como mencionado anteriormente, durante as atividades os grupos deveriam registrar em áudio ou vídeo as ações e escrever um relatório das decisões tomadas e conclusões.

Vale ressaltar que ao final de cada experimento, a professora/mediadora realizou um momento de formalização dos conceitos em forma de discussão, onde foram resgatadas todas as questões feitas inicialmente, permitindo a participação de todos os alunos. Este momento foi fundamental para perceber quais foram os conceitos formulados.

## **4. Resultados**

Diante dos dados coletados durante a realização das atividades, os resultados foram organizados em dois grupos. Inicialmente, são apresentadas as contribuições do questionário de concepções alternativas no desenvolvimento das AEI e na compreensão dos conceitos formulados pelos estudantes durante as ações propostas.

Os conceitos formulados pelos estudantes durante as AEI compõem outro conjunto de resultados e foram organizados segundo o fenômeno Físico que representam. A discussão dessa etapa buscou articular nossas expectativas com relação à atividade, com os conceitos formulados pelos estudantes à respeito dos fenômenos. Em seguida, a discussão buscou relacionar os conceitos formulados com o estudo teórico das concepções alternativas, visando responder as questões inicialmente propostas pelo trabalho, percebendo o papel das AEI no levantamento e discussão de conceitos em óptica.

### **4.1. Questionário de concepções alternativas**

A análise das respostas obtidas pelo questionário permitiu conhecer o público alvo e suas concepções sobre óptica, diante dos objetivos traçados.

Inicialmente, analisando as questões relacionadas às atividades experimentais já realizadas (questões 13 e 14), foi possível perceber que a maioria dos estudantes haviam realizado poucas atividades experimentais ou nenhuma. Considerando os 44 alunos participantes, 66 % disseram nunca ter realizado experimentos nas aulas de ciências, e cerca de 30% citaram já ter realizados experimentos, porém não de Física.

Os dados revelaram que ambas as turmas possuem pouca experiência com atividades experimentais, indicando que seria necessária uma mediação mais intensa da pesquisadora. Essa mediação, entretanto, se mostrou desafiadora diante da natureza das atividades investigativas, ou seja, deveria ser moderada a ponto de não fornecer informações de maneira à conduzir completamente o aluno.

Assim, como forma de manter a natureza da atividade permitindo a maior participação possível do aluno no processo de investigação foram estabelecidas as questões guia como forma de nortear, não diretamente as ações.

Nas questões referentes aos conceitos de Óptica foi possível perceber a presença de algumas concepções alternativas descritas no referencial teórico, não foi realizada uma análise profunda, apenas uma leitura superficial com o objetivo de perceber quais conceitos os estudantes já conhecem, e planejar as ações de forma mais direcionadas.

#### **4.2. Propriedades da luz: reflexão, propagação retilínea e absorção**

O principal objetivo do “Experimento 1: Por onde anda a luz?” foi proporcionar aos estudantes a discussão de conceitos à respeito das propriedades da luz, como reflexão, absorção e propagação retilínea.

Esperávamos que diante dos materiais fornecidos e das questões-guia os estudantes percebessem que a luz se propaga em linha reta, pode ser refletida e absorvida, para que depois os conceitos pudessem ser discutidos com a professora.

Essa expectativa foi alcançada, como mostram os registros em áudio e escritos pelos estudantes durante as AEI.

Mencionamos algumas das anotações mais recorrentes nos registros escritos:

*“A luz caminha em linha reta”*

*“ Espelho reflete a luz, e não permite sua passagem ”*

*“A luz pode ser refletida pelo espelho. Tanto a luz do Sol, que está vindo da janela, quanto a luz da lanterna”*

*“A luz é refletida pelo espelho mudando sua direção”*

*“A luz não atravessa objetos sólidos, como o isopor, pois ele impede a passagem da luz;”*

A frequente utilização de termos referentes à “reflexão” se mostraram diretamente associadas ao uso de espelhos. Essa observação permitiu concluir que o conceito de reflexão da luz foi formulado, mas de forma incompleta, uma vez que nenhum grupo mencionou a reflexão da luz por outros objetos. Sobretudo quando tratamos do sistema de visão, em uma seção adiante.

Essa concepção incompleta a cerca da reflexão da luz foi discutida por Guesne (In. DIVER, R. et. al. 1999) e Harres (1993) como sendo uma concepção alternativa dos estudantes a respeito da reflexão da luz. Em geral, os estudantes não admitem que os objetos

comuns podem refletir e absorver luz simultaneamente, e foi o que percebemos nas maioria das respostas.

O termo “absorção” não foi utilizado para explicar nenhum fenômeno, mas as falas dos estudantes demonstram que eles compreendem esse conceito, mesmo que superficialmente, ou seja, compreendem que a luz pode ser absorvida pelo objetos.

Essa constatação foi possível analisando expressões como “a luz penetra”, “a luz não passa”. Os trechos mostram diálogos de dois grupos diferentes, com características semelhantes:

*Aluno 1: Chegamos a uma conclusão galera, que esse objeto aqui - disse o aluno apontando para um quadrado de isopor - , como ele é tipo assim grosso... tem uma espessura assim a luz não passa dele - esse comentário foi feito apontando a lanterna para o objeto. Aqui não tem luz - apontando para trás do objeto - , fica sombra.*

*Mas se pegarmos um papel - celofane - e luz, a luz passa porque ele é mais fino. Ai, tipo, se você dobrar ele assim ô... vai ficando mais difícil para ela passar....*

*“Acendemos a lanterna em direção ao papel celofane, a luz da lanterna penetra e reflete a mesa na cor vermelha. Concluímos que a lanterna “atravessa” o papel pelo fato dele ser fino e transparente e a cor se reflete em vermelho pelo fato da cor dele.” (Turma 9º Ano A)*

Nesse diálogo os estudantes demonstram ter observado a capacidade da luz de atravessar determinados objetos, relacionando com o material em questão. Essa concepção foi descrita por Andrade (1995) como presente entre os estudantes, afirmando que associação da intensidade da fonte de luz com o tamanho da sombra.

Entretanto, essa concepção muda quando a experiência busca explorar as sombras. Com será discutido adiante, a maioria dos estudantes percebeu a relação entre o tamanho da sombra e a distância da fonte de luz.

Este fato demonstra uma característica importante das concepções alternativas, discutida por Driver et. al. (1999) em relação à coexistência de concepções contraditórias nos estudantes.

Observou-se também que a maioria dos alunos estabeleceram relação entre a intensidade luminosa, e a capacidade de aquecimento, relacionando e comparando a lanterna

ao Sol. Para essa observação, os estudantes aproximaram a lanterna das mãos cerca de 1cm, e perceberam que estava aquecendo, apesar de se tratar de um lâmpada de LED o que se mostrou curioso para nós. Abaixo apresentamos o exemplo de um dos diálogos que demonstra essa formulação.

*Aluno 5: professora, uma vez eu vi uma lanterna que a luz dela era tão forte que se colocasse no isopor começava a pegar fogo.*

*Professora: lega! E isso acontece com alguma outra coisa que a gente conhece?*

*Aluno 1: é tipo o Sol!*

*Aluno 3: e daí? Ele esquenta a gente. Ele é luz!*

*Professora Mediadora: a luz do Sol é parecida com essa que a gente tem aí?*

*Alunos: sim*

Outra observação relevante foi quanto à direção da reflexão da luz no espelho. Os estudantes conseguiram concluir que quando a lanterna acesa é apontada para o espelho, a luz reflete em seus olhos, que estão posicionados à frente do espelho. Assim, muitos grupos afirmaram que a luz é refletida em linha reta.

Um exemplo interessante dessa discussão, registrado em vídeo pelos estudantes, mostra a comparação entre o que acontece com a luz quando é direcionada para o espelho e depois para o pedaço de isopor:

*Aluna 1: quando a lanterna se reflete... a luz da lanterna bate no espelho, ele se reflete para um lugar direcionado, numa linha reta, e forma uma sombra.*

Outro diálogo ilustra essa observação dos estudantes:

*Aluna 1:: olha aqui, ela reflete – apontando a lanterna para o espelho – aqui ela não passa – apontando a lanterna para o isopor.*

*Aluna 2: Passa sim, olha!*

*Aluna 3: no espelho ela bate e reflete...*

*Aluna 2: ela bate e volta...tipo ô... reflete aí no espelho... ela vai voltar no seu olho... não está voltando?*

*Aluna 2: olha lá... a luz está 'transmitindo' na parede!*

Assim, os estudantes não conseguiram concluir a propagação retilínea da luz apenas a partir da realização dos experimentos. Como mostra o diálogo acima, apenas se aproximaram dessa conclusão ao perceberem que a luz é refletida em seus olhos pelo espelho.

Contudo, nas entrevistas foi possível perceber afirmações a respeito dessa propriedade, que consideramos influenciada pela mediação da professora.

Nesse sentido, torna-se evidente a importância da professora como mediadora da discussão, como menciona Vygotsky (2007) e Gaspar (2014). Assim, a professora discutiu todos os grupos separadamente, mencionando as evidências da propagação retilínea da luz, como a formação de sombras, por exemplo. Vale ressaltar que esse conceito foi retomado no *Experimento 3*.

Diante da discussão estabelecida, um dos grupos formulou uma conclusão apresentando o conjunto de propriedades da luz que descobriram.

*“Quando a luz está perto ela fica mais forte, por isso conseguimos ver várias sombras de um mesmo objeto, e quando a luz está longe ela fica mais fraca e não é possível ver várias sombras de um mesmo objeto. A luz se movimenta em linha reta, pois se ela fizesse curva não teria sombra. Quanto mais perto o objeto fica da luz maior será sua sombra, por isso que é possível um objeto menor encobrir um maior” (Turma 9º Ano B)*

Dessa forma, acreditamos que as AEI proporcionaram aos estudantes a visualização dos fenômenos de reflexão e absorção, incentivando-os a formular conceitos capazes de explicar esses fenômenos. Entretanto, conforme defendemos no referencial teórico a aprendizagem não se estabelece apenas na realização das atividades experimentais. Assim, faz-se necessária a presença do professor como mediador, discutindo os conceitos formulados pelos alunos até formularem juntos o conceito científico.

A ação da professora/mediadora ocorreu durante as atividades e no encerramento, norteando as discussões. Entretanto, existiu a necessidade clara de discussão desses conceitos pela professora com todo o grupo, durante e depois da atividade.

Assim, podemos concluir nesse primeiro momento que as AEI foram fundamentais para estimular a participação dos estudantes no processo de investigação e na formulação de conceitos.

### **4.3. Formação das sombras e suas características**

Esperávamos que alguns conceitos referentes à formação das sombras e suas características pudessem ser desenvolvidos pelos estudantes por meio do “*Experimento 2 – Como um objeto menor pode encobrir um objeto maior?*”

Utilizando lanternas e pedaços de isopor, em busca das respostas às questões-guia, os estudantes foram capazes de perceber rapidamente a relação entre o tamanho da sombra e a distância da fonte de luz. Essas afirmações puderam ser observadas nos relatos escritos elaborados durante a atividade. Alguns deles são mencionados a seguir:

*“A sombra do objeto aumenta quando ele está mais perto da fonte de luz”;*

*“ A sombra de um objeto pequeno muda de tamanho com a distância desse objeto à fonte de luz; isso permite que ele cubra o objeto maior”;*

Assim, conforme discutiu Andrade (1995) os estudantes são capazes de formular concepções durante as atividades, e nesse contexto das sombras, uma concepção frequente é a de relacionar a distância da fonte de luz ao objeto e o tamanho de sua sombra.

A atividade de sombras foi marcada por muitas intervenções da professora. Em diferentes momentos sua presença foi solicitada pelos grupos, no sentido de validar os conceitos que estavam sendo criados por ele. Em nossa interpretação essa postura demonstrou a importância do outro no processo e construção de conhecimento, pois apesar de estarem convictos de que a sombra muda de tamanho quando a distância da fonte de luz muda (mediante sua experiência com as sombras), era necessário validar essa ideia, e isso só poderia ser feito por um parceiro mais capaz, ou como menciona Gaspar (2004) e Driver et. al. um orientador da discussão.

Um diálogo em especial demonstrou a importância dessa discussão para que as concepções alternativas se aproximem dos conhecimentos científicos.

*Aluna 1: professora... a gente... assim.. quanto mais perto o objeto fica da luz, ele fica maior.*

*E quanto mais longe... ele fica menor*

*Aluna 2: ele fica menor...*

*Professora: ele fica maior?*

*Aluna 2: a luz...*

*Aluna 1: a luz dele fica menor..*

*Professora: a luz dele fica menor?*

*Professora: ele aumenta de tamanho?*

*Aluna 1: não... a luz... ela vai diminuindo quando está chegando mais perto porque eles estão impedindo a sua passagem...*

*Professora: muito bem! E o que isso tem a ver com cobrir o objeto? Vocês estão quase na resposta. O que é que todo o que você falou tem a ver com eu tentar fazer com que esse (isopor menor) objeto cubra esse (isopor maior)?*

*Aluna 3: porque ele está mais perto da luz. Como ele esta mais perto da luz ele vai ficando maior*

*Aluna 1: ele... quando estiver mais perto da luz, ele vai ficar impedindo a passagem dela*

*Professora: ele vai ficar maior?*

*Aluna 3 : não...*

*Aluna 4: a luz vai passar...*

*Professora: a luz dele vai ficar maior?*

*Aluna 3: é...*

*Professora: ou a sombra dele vai ficar maior?*

*Aluna 3: é isso..*

*Aluna 1: a sombra..*

*Professora: é a luz ou a sombra?*

*Aluna 1: a sombra...*

Entendemos que a AEI proporcionou a formulação de conceitos e permitiu ao professor discutir esses conceitos, em busca de um conhecimento mais próximo do científico.

Outras discussões semelhantes ocorreram nos grupos, o que demonstrou a necessidade dos alunos de expor suas ideias e verificar sua validade.

Em outros momentos foi possível perceber conclusões que explicam a formação das sombras, descritas em diálogos captados durante a atividade:

*“A luz não atravessa alguns objetos e por isso produz sombra”*

Na realização do *Experimento 2*, relativo às sombras, os estudantes apresentaram propostas diferentes daquelas imaginadas em sua idealização. A maioria dos grupos foi capaz de criar analogias entre lanterna e o Sol, bem como com a ocorrência dos eclipses, e um grupo em especial propôs a construção de um Relógio de Sol.

As principais analogias estão relacionadas ao movimento aparente do Sol no céu, e conseqüentemente, da formação de sombras ao longo do dia com o posicionamento da lanterna na atividade.

Alguns associaram o experimento de sombras com os Eclipses, e outros conseguiram apreender a energia proveniente do Sol comparando-o com a lanterna.

O trecho abaixo menciona uma das discussões estabelecidas pelos alunos.

*Aluno 4: ô... faz de conta que a luz é o Sol. Aí tá nascendo, ai chegou no meio dia, e foi.*

*Aluno 5: então a luz está movimentando ai.*



**Figura 33:** Sequencia de sombras descrevendo o movimento da sombra, produzida pelo movimento da lanterna sobre o objeto.

*Vários alunos ao mesmo tempo: então a luz tem movimento*

*Professora: o que vocês estão tentando fazer?*

*Aluno 1: que a luz tem movimento igual a o negocio do Sol.*

*Professora: a luz se movimenta igual o Sol?*

*Vários alunos juntos: não... não*

*Aluno 1: É tipo, que nem o movimento do Sol, aqui ô...disse mostrando como a luz faz diferentes sombras no objeto de diferentes posições.- Então a gente descobriu que ela se movimenta...*

*Professora: quem é que está se movimentando nessa história?*

*Alunos juntos: a luz... junto com a nossa mão e a lanterna*

*Professora: e em uma situação real, igual vocês falaram, igual ao Sol, quem é que se movimenta nessa história?*

*Aluno 1: ah.. a Terra.*

*Aluno 4: a Terra!*

*Professora: Isso ! A gente tem uma visão errada do processo, na verdade...*

*Aluno 1: é porque a Terra é que gira...*

*Professora: a impressão que a gente tem é que quem está se mexendo é ele lá.*

*Aluno 1: é a Terra que gira em torno dele.*

*Professora: Isso!*

Um diálogo apresentado por outro grupo, demonstrou comparações semelhantes:

*Aluna 1: a sombra de um objeto parado. Se a gente coloca a lanterna direcionada ao objeto, do outro lado do objeto vai ter uma sombra dele. E conforme a gente vai rodando a lanterna, a sombra vai se movimentando, como se fosse tipo, o Sol, a Terra e um objeto. Tipo o Sol está parado, a Terra está se movimentando, e o objeto está parado. E aí conforme a Terra vai rodando, a luz vai fazendo sombras ao redor... do objeto.*

*Aluno 2: ao redor do objeto.*

*Aluna 1: é ao redor do objeto.*

*Aluna1: já que a gente não tá fora do planeta pra vê isso a gente tá fazendo com uma lanterna e com objetos.*

Nesse trecho é possível perceber uma confusão entre os conceitos de quem se movimenta: a Terra ou o Sol.

A presença das concepções alternativas no momento do ensino é evidente e decisiva no momento da aprendizagem, pois diante de uma nova informação ou experiência como discutiu Guesne (In.DRVER, R. et.al. 1999), o estudante coloca em conflito suas

concepções com os novos fatos. Nesse sentido é possível assumir que novamente as AEI proporcionaram o surgimento de concepções e conceitos de forma significativa para o aluno, pois foram construídos à partir de sua experiência. A discussão com os colegas e com o professor, como menciona Gaspar (2014) é fundamental nesse processo, e pode definir se os estudantes aprenderá o novo conceito ou manterá sua concepção anterior. Nesse sentido, o conceito de que a luz tem movimento, independentemente de sua fonte, foi discutido pela professora ao final da atividade.

Finalmente, como mencionamos acima, uma das formas de explorar o experimento, proposta pelos estudantes, foi a construção de um relógio de Sol. Um grupo, especificamente, conseguiu relacionar os objetos e os estudos das imagens ao funcionamento de um relógio de Sol com a possibilidade para estudar as sombras. O que inicialmente nos chamou a atenção foi a utilização de um conceito específico como uma nova ferramenta de investigação, diferentes daquelas imaginadas pelos demais grupos.

A motivação para tal estratégia de investigação partiu de uma aluna desse grupo, conseguindo convencer à todos de que esta seria a melhor ação. Em nossa interpretação, o fato demonstra a presença de uma concepção alternativa muito arraigada a respeito do que são as sombras, ou seja, a estudante associa sombras diretamente com o relógio de Sol, provavelmente devido a alguma experiência anterior vivenciada por ela.

Vale nesse momento uma ressalva em relação ao público dessa escola, mencionada pela professora em seu diário de campo, como observação realizada no momento da atividade:

*“Algo interessante durante as atividades de sombra veio de um grupo em particular. Quando propus investigar sobre as sombras, esse grupo imediatamente construiu com os objetos disponíveis um relógio de Sol. A atividade não está diretamente relacionada a isso, mas mostra que este conceito é forte na formação dos estudantes e que faz parte do seu cotidiano. Nessa escola, é ministrado um curso de astronomia para que os alunos possam participar da Olimpíada Brasileira de Astronomia. Nesse curso um de meus colegas fala sobre orientações pelos astros e uma das atividades feitas é a montagem do relógio de Sol. Para mim este fato mostra o quanto o ambiente que cerca o aluno o estimula e cria significados em suas concepções” (Diário de Campo da professora)*

Os diálogos apresentados da aluna com o grupo e com a professora apresenta a discussão que levou à construção do relógio de Sol:

*Aluna 1: eu não sei o que a gente vai fazer...*

*Aluno 2: e se a gente colocar esse “negocinho” aqui – se referindo a um pedaço de papel cartão - naquele “negocinho” ali – a lanterna - pra ver...*

*Aluno 3: nossa é mesmo...*

*Aluna 1: vamos fazer um relógio... do Sol... é eu acho que dá certo.*

*Aluna 1: dá pra fazer aquele relógio que quando a luz bate aqui o...*

*Aluna 1: da pra fazer um relógio*

*Aluno 3: nesse formato aí?*

*Aluna 1: por causa que a ponta tem que estar no final pra fazer...ô professora, não dá pra fazer tipo um relógio de Sol que ai vai virando a lanterna e a luz?... eu to tentando fazer e vocês não param de brincar...*

*Professora : qual que é a sua ideia pra fazer o experimento? Por que você quer fazer um relógio de Sol?*

*Aluna 1: pra mostrar onde é que está a sombra e que a luz se movimenta como se fosse a sombra assim...*

Consideramos então, que o conceito de formação de sombras foi explorado superficialmente pelos estudantes, mas que a relação entre o tamanho da sombra e a distância da fonte ficou muito evidente.



Figura 34 - Montagem do Relógio de Sol

#### 4.4. Movimento da luz

Um dos grupos apresentou uma discussão curiosa sobre o movimento da luz, com afirmações contraditórias em seus diálogos. Inicialmente afirmaram que a luz não se move, mas em outros momentos relataram que sua velocidade é muito grande.

Em nenhuma das atividades propostas foi previsto o trabalho com o conceito de velocidade da luz, por considerarmos sua determinação muito complexa. Portanto, a discussão desse tema pelos estudantes nos causou surpresa.

O trecho abaixo ilustra essa discussão, onde fica perceptível a coexistência dos conceitos de luz estática e luz em movimento. Vale ressaltar que o conceito foi formulado durante o *Experimento 2*, sobre as sombras, provavelmente motivado pela analogia do movimento da lanterna com o Sol, descrito nas seções anteriores:

*Aluno 1 : a velocidade dela é muito... veloz... ela se desloca muito rápido...*

*Aluno 2: Ei... Anota! A luz se desloca muito rápido*

*Professora: e aí?*

*Aluno 1 : hum... ela não caminha ela fica parada*

*Aluno 1: a luz não caminha tá ligado, ela fica ali! A não ser que eu mexa a lanterna.*

*Aluno 2: então ela caminha se você mexer*

*Aluno 1: se eu mexer*

*Aluno 2: então, ela caminha.*

As falas permitem deduzir que a informação da “velocidade da luz alta” provavelmente foi adquirida pela experiência de mover a lanterna de um lado para o outro. Os estudantes não perceberam o movimento da luz, portanto, assumiram que a luz se move rápido demais.

Nosso referencial teórico também permitiu analisar essa formulação sob a perspectiva das concepções alternativas em óptica. Guesne (In. DRIVER, R. et. al., 1999) já havia notado que os estudantes frequentemente não assumem o deslocamento da luz de um ponto a outro. Ao contrário, associam esse movimento à sua fonte de luz. Foi o que pudemos observar no trecho citado, onde o aluno afirma que a luz está parada, a menos que ele comece a movimentar a lanterna.

Assim como afirmou Guesne (In. DRIVER, R. et. al. 1999) acreditamos que o aluno carrega com essa concepção que a luz não pode ser dissociada de sua fonte, e portanto não pode viajar pelo espaço. Podemos afirmar então que a AEI foi essencial para levantar a discussão, mas não suficiente para construção de um conceito científico sólido, ou seja, necessita de orientação do professor.

Comprovamos também que o mesmo indivíduo pode carregar concepções contraditórias, fazendo uso de ambas, como foi discutido na revisão, como mostra o diálogo anterior, e conforme foi discutido por Guesne (In. DRIVER, R. 1999).

#### **4.5. Formação de Imagens na Câmara Escura de Orifício e os processos de visão**

A *Atividade Experimental 3: “como se forma uma imagem?”* foi idealizada com dois objetivos: construir uma câmera escura de orifício e analisar as características de sua imagem.

Entretanto, vale ressaltar que devido à qualidade dos vídeos e áudios registrados nesse dia por ambas as turmas, apenas dois grupos puderam ser analisados.

Com os materiais disponíveis e as questões-guia, os estudantes iniciaram o processo de investigação da montagem, imediatamente depois de visualizarem o projetor de imagens em funcionamento.

A primeira concepção surgiu na construção de um cilindro com papel cartão, provavelmente motivados pela caixa do projetor: um local com pouca iluminação.

Nesse momento, surgiu a discussão interessante sobre a necessidade da luz para a formação de imagens.

*Aluno 1: Se a gente fizer assim está bom? - disse utilizando o papel cartão para fazer um cilindro.*

*Aluno2: Está ótimo...*

*Aluno 1: vocês concordam?*

*Aluno 2: sim*

*Aluno 3: mas tem que entrar luz... precisa entrar luz para aparecer imagem.*

*Aluno 2: é o celular que vai projetar a luz cara...*

*Aluno 3: mas lá era uma caixa fechada...*

*Aluno 2: então, lá era fechada, a luz estava lá dentro.*

*Aluno 3: tem que ter um buraco, e aí isso vai aqui – mostrando o local onde deveria ser colocado o plástico.*

*Aluno 2: tipo assim ô... – o aluno coloca o plástico no cilindro de papel cartão – Ai o celular fica aqui ô...*

Diante da discussão estabelecida pelo grupo o primeiro conceito formulado foi que a luz é necessária para a formação de imagens.

Entretanto, os estudantes apresentaram dúvida à respeito da origem dessa fonte de luz. Esse questionamento, provavelmente foi motivado pelo uso do celular na demonstração realizada, perceptível em outros trechos do diálogo.

Assim, podemos considerar que a demonstração se tornou uma concepção marcante sobre a formação de imagens desse grupo de estudantes, e que diante de novos desafios e fatos, foram obrigados a questioná-la.



Figura 35: Confeção da Câmara Escura de Orifício

Após a montagem do cilindro com o plástico, o grupo se aproximou muito da montagem da Câmara escura de orifício, e a possibilidade de ver uma luz dentro do cilindro motivou os alunos a continuarem a construção. Vale ressaltar que diante dessa pequena conquista, houve uma mudança de postura do grupo na atividade. Provavelmente, perceberam que a hipótese da presença de luz para a formação da imagem estava sendo comprovada. Isso ressalta a discussão de Sasseron (2015) sobre a elaboração das atividades investigativas que promovam desafio e motivem os estudantes a investigar, criar hipótese e testá-las.

O diálogo que segue apresenta as etapas finais de construção, onde os estudantes mencionam já possuírem um plano de ação, mas necessitam de uma validação da professora:

*Aluno 4: como a gente vai fazer isso?*

*Aluno 2: um segura e o outro cola... ai você cola nessa ponta aqui... e depois nessa ponta aqui.*

Após a presença da professora no grupo, um dos alunos comentou:

*Aluno 4: a gente nem falou nossa teoria pra ela....*

*Aluno 5: Que teoria que você ia falar? Fala ai no vídeo...*

*Aluno 4: eu ia falar que na teoria nossa.... fala ai a teoria que a gente vai fazer sobre isso...*

*Aluno 1: eu não fala você...*

*Aluno 5: fala a ideia ai gente?*



**Figura 36: Confeção da Câmara Escura de Orifício**

Esse momento se mostrou rico do ponto de vista da análise, pois apresenta um momento de discussões entre os alunos sobre a ideia central do grupo. A elaboração de um plano de ação foi construída socialmente, e diante de todas as ideias chegaram a um consenso. Entendemos que relações entre os indivíduos e deles com os objetos, valorizadas por Vygotsky (2007) e Gaspar (2014) entre outros, foram essenciais para a evolução no experimento. Adicionalmente podemos afirmar que esse comportamento fortalece a necessidade de permitir um ambiente de discussão entre os pares nas atividades escolares, para que exista a troca de ideias e a formulação dos conhecimentos.

Assim, eles começaram efetivamente a montagem do experimento, como mostra o diálogo:

*Aluno 1: ta vendo esse papel aqui – se referindo ao papel alumínio – ele vai sustentar o celular...*

*Aluno 4: Certo... mas a imagem tem que aparecer projetada aqui no plástico...*

*Aluno 1: Como assim... ah entendi... é ao contrário... a gente faz um furo no papel alumínio e ele deixa a luz entrar...*

*Aluno 3: isso ai projeta do plástico...*

Nesse momento os estudantes deixam evidente que construíram um conceito à respeito da formação de imagens, com elementos concretos como um local para a entrada de luz, e outro para sua projeção.

Em seguida, começam a discutir a como deve ser a entrada da luz. O aluno 1 faz um furo no papel, e questiona o grupo.

*Aluno 1: é assim?*

*Aluno 4: acho que sim...*

*Aluno 3: o furinho tá bom?*

*Aluno 2: não aumenta mais ai! Não vai passar nem... metade da luz...*

*Aluno 3: ai olha deu certo!!!*

*Aluno 2: Mas tipo, onde a imagem vai ser projetada?*

*Aluno 3: no buraco.*

*Aluno 1: no lugar escuro!!!*

Novamente ficam evidentes os conceitos relacionados à quantidade de luz necessária para que se forme a imagem. Os alunos chamam a professora, questionando o tamanho do furo feito no papel alumínio:

*Aluno 1: professora tem que ser maior?*

*Professora: bem menor...*

Nesse momento o aluno olha novamente para o furo feito pensando porque tem que ser menor. Em seguida olha para a professora, em busca de uma explicação. Para o estudante é evidente que precisa existir muita luz para ver a imagem. Essa concepção pode ser associada à própria visão. O aluno compara sua capacidade de ver os objetos no escuro (ausência de luz) e na presença de luz (por exemplo, uma lâmpada que ilumina a sala, o Sol etc.) e associa com todas as possibilidades de formação de imagem. No momento que a professora sugere diminuir o orifício, ocorre um desequilíbrio. Essa reação do estudante se

estendeu para o grupo e deixou claro o momento de conflito cognitivo, descrito pela literatura como necessário para transformar as concepções alternativas. Assim, o professor como mediador cumpriu o papel de criar essa situação de pensamento, explorando ainda mais a capacidade de investigação dos estudantes.

Na última parte do vídeo um dos estudantes tenta organizar as ideias propostas pelo grupo até o momento, com o objetivo de utilizá-las para a construção da Câmara de Furo:

*Aluno 5: o que nós estamos fazendo aqui? Nós estamos tentando projetar uma reflexão dentro do papelão, um plástico aqui, um papel alumínio. Com um buraquinho bem pequenininho aqui, para não refletir tanto a luz para aparecer bem no escuro sabe... pra imagem ser refletida dentro do papelão.*

Vale enfatizar que o termo utilizado pelo estudante foi reflexão para se referir à imagem, o que poderia indicar uma associação de que o objeto reflete a luz, mas de forma muito confusa.

A parte final de construção seria o posicionamento do plástico, onde seria projetada a imagem. Entretanto, novamente solicitaram a presença da professora, como mostra o trecho a seguir:

*Aluno 1: professora , olha lá...*

*Professora: então vamos lá...o plástico funciona com uma tela...ai vocês devem colocar o plástico mais para dentro do cilindro, e olhar para uma fonte de luz... pode ser a janela por exemplo.*

Essa intervenção da professora foi necessária para que os estudantes pudessem finalizar a construção, pois diante da constatação anterior de que eles não compreendem a claramente a formação de uma imagem, não conseguiriam pensar em sua projeção no plástico.



Figura 37 - Construção da Câmara Escura de Orifício

A reação foi de euforia quando conseguiram visualizar a janela, e imediatamente chamaram a professora, para compartilhar seu resultado.

*Aluno 1: espera ai ... vai de vagar...*

*Aluno 2: aí tem q estar esticado..*

*Aluno 3: aí eureka!!!*

*Aluno 1: aí deu... vamos ver se deu certo...*

*Aluno 2: se der certo, chama a professora!*

*Aluno 1: Da pra ver! Aí!!!! Olha !!!*

*Aluno 3: Aí !!! Eureka!!*

Na última etapa da atividade os estudantes deveriam observar uma seta iluminada e descrever suas características. Os diálogos abaixo exemplificam este momento:

*Aluno 2: Nossa que estranho... na 'moral'!*

*Aluno 3: deixa eu ver! Ou dá pra ver mesmo mano...*

*Aluno 1: vai escreve lá no papel o que a gente viu... escreve que a gente viu três bolinhas*

*Aluno 2: não é isso não! É mais! Vem cá desse ângulo que eu estou. Coloca só a cara aqui!*

*Professora: conseguiram?*

*Aluno 1: deu certo professo, a gente viu a seta.*

Nesse momento a formulação de conceitos dá lugar à descrição das características da imagem, fundamentais para compreender posteriormente sua formação.

*Professora: e como é que a seta está aí dentro.*

*Aluno 1: ela está ao contrário.*

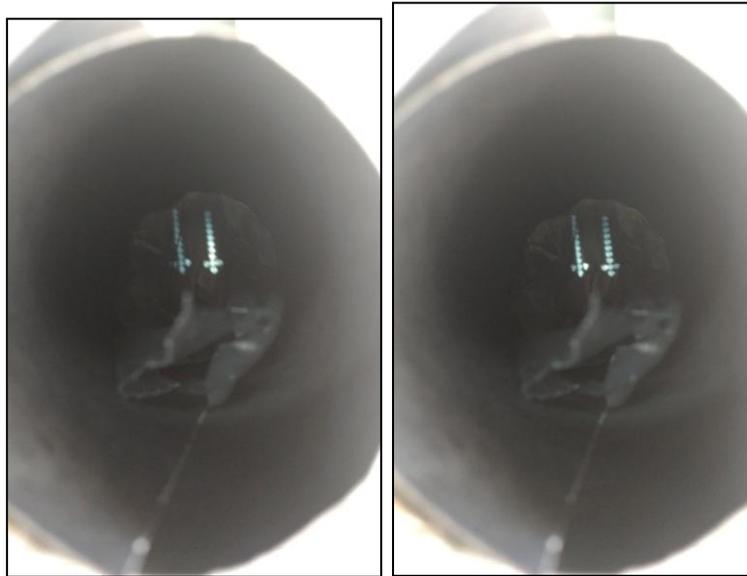
*Aluno 2: está de cabeça pra baixo...*

*Professora: o que mais? Ela é do mesmo tamanho da seta que está aí?*

*Todos os Alunos responderam: Não!*

*Aluno 3: ela é menor*

*Aluno 4: ai viu...está de cima pra baixo...*



**Figura 38: Imagem formada pela Câmara Escura de Orifício**

Os diálogos permitiram considerar que o *Experimento 3* proporcionou um desafio e o engajamento dos estudantes na ação educativa. Uma consequência visível foi a motivação produzida pela conquista do objetivo pretendido.

Diante dos resultados apresentados, acreditamos que os estudantes conseguiram compreender a presença da luz na formação de imagens em um contexto específico da Câmara escura de orifício, mas que abriu caminho para discussões mais amplas sobre as imagens.

Diante das reações dos estudantes e do que fora discutido no referencial teórico, acreditamos que as sensações resultantes do *Experimento 3* ficarão registradas na memória afetiva dos alunos, facilitando o aprendizado futuro sobre imagens.

## 4.6. Processos de Visão

Com a atividade da Câmera escura de orifício esperávamos que os estudantes fizessem uma associação com o sistema de visão, mas não ocorreu espontaneamente, sendo necessário que professora discutisse esses conceitos posteriormente. Dessa forma, nossas atividades não permitiram perceber quais são as concepções sobre a visão e compara-las com aquelas apontadas pela literatura.

Entretanto, o experimento da Câmera escura abriu caminho para que essa discussão fosse retomada pela professora, com ambas as turmas. Assim, essa discussão foi estabelecida posteriormente após todos os grupos passarem pela experiência de visualizar as imagens na Câmera escura de orifício.

Inicialmente foi realizada uma comparação entre a câmera fotográfica e Câmera escura de orifício. Para ilustrar o processo, foi utilizado na lousa um esquema muito próximo àqueles presentes nos livros didáticos, representando o objeto, os raios de luz e a imagem se formando dentro de uma câmara escura.

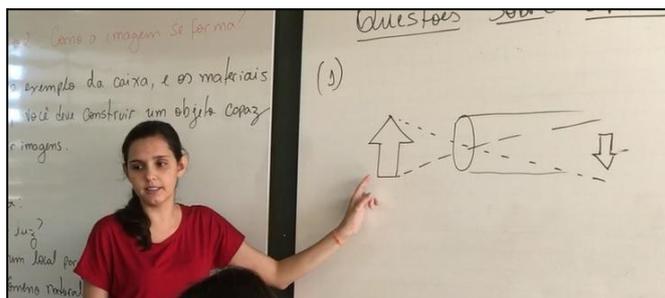


Figura 39: momento de discussão após montagem da Câmara Escura

Nesse momento a principal intenção foi proporcionar a discussão teórica dos experimentos realizados, para que os conceitos formulados pelos estudantes não se perdessem.

Foi enfatizado o conceito de propagação retilínea da luz, associando-o com os experimentos 1 e 2, como principal causa da formação invertida da imagem na Câmera escura de orifício e nas câmeras fotográficas.

Após essa discussão, os alunos realizaram a comparação da Câmara de Furo com os nossos olhos. Muitos mencionaram que no ano anterior a professora de ciências havia trabalhado o sistema da visão, e que agora eles entendiam melhor com a imagem chega ao olho para depois ser processada pelo cérebro.

Consideramos que os estudantes foram capazes de realizar essa comparação, pois diante de uma concepção sobre a visão já formulada anteriormente, foram expostos a uma situação de investigação que colocou em discussão os conceitos anteriormente aprendidos.

Assim, verificamos novamente a influência das diferentes experiências vividas pelo estudante ao longo de sua vida na forma como ele aprenderá novos conceitos, como afirma a literatura.



Figura 40: Momento de discussão

A entrevista foi a única ferramenta que permitiu verificar os conceitos formulados pelos estudantes sobre o processo de visão. Vale ressaltar que a entrevista foi realizada alguns dias depois dos experimentos, com o intuito de verificar quais foram os conceitos mais marcantes. A primeira questão se referia às características da luz: “Explique o que você entendeu sobre como a luz é importante para a nossa visão?”. Algumas das respostas foram:

*“Precisamos da luz para enxergar”*

*“tem aquele exercício que a gente fez né... que a gente olhava assim e que é o nosso cérebro que arruma as imagens...”*

O diálogo a seguir mostra as relações estabelecidas por uma aluna entre a luz da janela, com os objetos com nosso sistema de visão:

*Professora: vocês saberiam me explicar alguma coisa do seu dia a dia que tem a ver com luz? Qualquer coisa... por exemplo... porque a luz está entrando aqui e está iluminando tudo? por que eu estou vendo tudo?*

*Aluna 2: por causa da janela?*

*Professora: só por causa da janela? A luz está entrando aqui, por causa da janela, ok. Por que a gente está vendo tudo o que está aqui?*

*Aluna 2: pela luz do Sol...*

*Professora: o que ela faz?*

*Aluna 3: ilumina...*

*Professora: ilumina...*

*Aluna 2: ilumina as coisas pra gente ver... perai... projetando para o nosso olho...*

*Professora: então a luz bate nos objetos e vai para o meu olho. E aí eu vou lá e me entendo com a luz?*

*Aluna 2: não, aí o cérebro .... como aquilo... aparece a imagem invertida...*



**Figura 41: momento de discussão após a montagem da Câmara Escura de Orifício**

Os diálogos estabelecidos em uma das entrevistas levou à professora a formular a questão sobre inversão da imagem na câmera escura de orifício, como mostra o trecho abaixo:

*Professora: por que na imagem “lá” também saiu invertida?*

*Aluno: por causa que no caso não tem o cérebro, o cérebro para organizar as imagens*

Na primeira afirmação é possível perceber o conceito da necessidade da luz para a formação da imagem, bem formulado, mas o estudante não foi capaz de explicar a relação da luz com o objeto. Essa concepção foi descrita por Guesne (In. DRIVER, R. 1999) como *Banho de luz*, e por Bravo (2016) como *Ideia Intuitiva*. Ambas as interpretações descrevem que o estudante possui uma ideia apenas intuitiva dos processos de visão e não é capaz de compreender as relações entre os elementos. Assim, fica evidente que o professor deve fazer mais discussões sobre o tema.

Em contrapartida, as últimas respostas deixam clara a compreensão dos estudantes de que a imagem deve ser “interpretada” pelo cérebro, mas que antes disso existe todo um processo que necessita da luz e dos olhos. Alguns formam capazes de mencionar partes desse processo óptico, mas sem muitos detalhes.

Essa característica de respostas se assemelha às concepções “*Parcialmente adequadas no contexto da ciência escolar*”, como denominou Bravo (2016), retratando uma concepção muito próxima do conceito Físico, entretanto se apresenta incompleta. Assim, que deve ser discutida novamente pelo professor.

Uma observação interessante nessa análise foi quanto à presença de concepções diferentes em um mesmo grupo de alunos, e que participaram da mesma atividade. Isso ressalta que cada indivíduo se apropria de forma particular dos conceitos provenientes do ensino, e que isso deve ser investigado pelo professor, a fim de compreender quais são as formulações e planejar aulas que levem a discussão delas, como afirma Driver et. al. (1999).

Em outro momento da entrevista, com um grupo diferente de alunos, é possível perceber um diálogo semelhante:

*Professora: porque a imagem na Câmera escura de orifício fica invertida?*

*Aluna: Porque ela tem pouco espaço, e ela anda em linha reta... se ela tivesse um espaço maior a gente ia ver a seta com ela está. Como ela tem um espaço menor, e não tem para onde ir, ela fica invertida.*

A resposta da aluna reflete exatamente os detalhes discutidos pela professora durante as discussões sobre propagação retilínea os processos de visão, o que demonstra a necessidade e a importância do professor formulando os conceitos científicos.

Finalmente, durante a entrevista um aluno relacionou a demonstração do projetor caseiro com o projetor de cinema, demonstrando que compreendeu que a imagem é invertida.

*Aluno: Se no cinema a gente assiste o vídeo direito, e lá tem um projetor igual ao que a professora mostrou, então eles colocam o filme para passar de “ponta cabeça”. Ai quando passa pelo projetor, sai direito na tela.*

Acreditamos que a nossa proposta de apresentar um projetor de imagens para iniciar as discussões, e da montagem da Câmera escura de orifício permitiu a esse aluno compreender que a imagem se forma invertida quando atravessa uma pequena abertura, permitindo-o associar esse fenômeno ao seu cotidiano, no caso do projetor de cinema.

#### **4.7. A motivação e o engajamento como resultados das AEI**

De todas as ferramentas utilizadas nesse trabalho, a entrevista proporcionou maior contato com os estudantes. Assim, foi possível captar deles muito sobre a experiência de ter participado do projeto e perceber a motivação em diferentes momentos. Vale ressaltar que o estudo da motivação não é foco do trabalho, mas se mostra importante na discussão que estabelecemos quanto ao engajamento dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem.

A possibilidade de construir uma Câmera escura de orifício e poder visualizar imagens se tornou um marco para os estudantes, que mencionaram como o momento mais interessante das atividades. Os diálogos retratam essa observação:

*Professora: tem mais alguma coisa que vocês acharam bacana da atividade que a gente fez?*

*Aluno 1: eu achei interessante também, tipo, o que a gente pode fazer com tanta pouca coisa sabe... tipo a gente conseguiu ver a imagem das flechas com um furinho no papel assim praticamente.*

A mesma observação foi feita por outro grupo de alunas entrevistadas

*Professora: qual foi a parte mais interessante da atividade pra vocês?*

*Aluna 2: o projetor - se referindo à Câmera escura de orifício*

*Professora: e por quê?*

*Aluna 2: porque a gente nunca imaginaria pegar um papel, um plástico, transformaria naquilo...*

*Aluna 3: tentar descobrir como a gente ia fazer o experimento... discutir como a gente ia fazer*

Diante do resultado do questionário diagnóstico, poucos estudantes haviam realizado atividades experimentais na vida escola. Assim, na entrevista os estudantes também foram questionados sobre a realização de experimentos no ensino.

*Professora: vocês se sentiram motivados para participar? Vocês saberia me explicar porque vocês sentiram vontade de participar?*

*Aluno 1: ah porque a gente nunca tinha experimentado isso aí antes, e é uma coisa interessante de saber. A gente vive só olhando pra tudo e não sabe explicar porque.*

*Professora: se amanhã eu chegar aqui e falar : vamos fazer outra experiência, vocês participariam?*

*Todos os Alunos : sim*

*Professora: nas aulas de ciências de vocês, vocês consideram que é necessário usar os experimentos?*

*Alunos : sim*

*Professora: precisa ter experimentos?*

*Aluno 1: precisar.... é... a aula fica bem mais interessante, fica mais fácil de aprender.*

A mesma observação foi feita por outro grupo entrevistado:

*Professora: vocês se sentiram motivadas a participar da atividade?*

*Aluna 3: sim é uma coisa diferente*

*Aluna 2: é algo interessante, porque os professores não fazem, passam mais teoria.*

*Aluna 1: é uma aula prática, que eu acho que se tivesse isso mais aqui a gente entenderia muito melhor a matéria.*

*Aluna 3: a gente entende mais quando a gente vê acontecendo, não só escrevendo*

*Aluna 2: eu acho que se o professor explicasse a Física dessa forma a gente entenderia melhor, tanto porque tem muita conta...mas as contas não conta muito... a gente entenderia a matéria melhor.*

Diante dessas respostas, acreditamos que as AEI foram capazes de motivar os estudantes a participarem de sua aprendizagem, e a reconhecer o valor dessa participação para a melhor compreensão dos conceitos estudados.

## 5. Discussão

Inicialmente, quanto à natureza das Atividades Experimentais Investigativas, a literatura enfatiza sua capacidade em proporcionar participação dos estudantes, permitir autonomia e oferecer desafios que possam ser resolvidos experimentalmente por ele, como defendem Thomaz (2000), Zompero e Laburú (2011) e Sasseron (2015).

Os resultados apresentados demonstram uma intensa participação dos estudantes em todo o processo das atividades, como mostram os diálogos registrados durante as atividades. A montagem da Câmera escura de orifício foi o exemplo mais claro do engajamento dos estudantes e da motivação em alcançar o objetivo de visualizar as imagens.

Em nossa análise, as AEI se tornaram também uma ferramenta capaz de levantar as concepções alternativas dos estudantes em óptica diante de uma situação desafiadora. Essas concepções, discutidas pela literatura estiveram presentes em diferentes momentos das atividades, e com papel decisivo em sua execução, em muitos trechos apresentados nos resultados.

Nossa pesquisa pode demonstrar que a valorização das concepções alternativas em qualquer atividade colabora para a melhor compreensão dos conceitos, e permitem que as atividades sejam planejadas com o objetivo de modificar essas concepções.

Conforme havíamos planejado, os conceitos de propagação retilínea da luz, as propriedades de reflexão e absorção da luz, a formação de sombras e o processo de visão puderam ser discutidos pelas AEI, entretanto não exclusivamente por elas. O papel das concepções dos estudantes associado à postura de mediação da professora potencializaram o uso das AEI como ferramenta de discussão de conceitos.

Nossa revisão de trabalhos referentes à experimentação em óptica apresentaram conceitos semelhantes aos trabalhados por nossa proposta. Entretanto, o *Experimento 3*, referente à montagem da Câmera escura de orifício se mostrou diferencial desse contexto.

Diante dos resultados os estudantes foram capazes de discutir a formação de imagens em uma perspectiva diferente daquelas baseadas em espelhos. Essa dimensão permitiu construir uma relação direta da luz com a formação da imagem, que depende diretamente da quantidade de luz que entra na Câmera. Foi possível também perceber que

diferentes as imagens podem ser projetadas, e em diferentes situações, como o cinema, o projetor caseiro, mencionados pelos estudantes.

Entretanto, vale ressaltar que as atividades foram pontuais nessa escola, e de curta duração. Dessa forma, os conceitos levantados devem ser discutidos novamente em aula, pois muitos ainda não se mostram claros para os estudantes.

O processo de mediação da professora se mostrou uma etapa importante da pesquisa. Conforme discutido anteriormente a mediação exige uma postura diferente do professor, que atua de forma menos intensa nas ações, permitindo autonomia aos estudantes.

Entretanto, esse processo de mostrou difícil, visto que na rotina de sala de aula é costume do professor responder a todas as questões e mostrar todos os caminhos. Nesse sentido, o trabalho contribuiu para o aprendizado de uma nova postura da professora em seu processo docente.

Finalmente, é possível concluir que as atividades investigativas possuem natureza dialógica, facilitando a discussão entre os sujeitos, ou seja, valorizando as relações pessoais nos processo de construção do conhecimento, como defendem Vygotsky (2007), Gaspar (2014) entre outros.

Assim, diante de tudo o que foi discutido, podemos afirmar que as AEI, com base nas concepções alternativas, permitem um maior engajamento do aluno e proporcionam o surgimento de muitos conceitos, que antes eram desconhecidos do professor. Esse por sua vez, tem papel de mediar as concepções alternativas com questões e desafio que permitam ao educando compreender os conceitos.

## **6. Conclusão**

O desenvolvimento deste trabalho permitiu visualizarmos o potencial das Atividades Experimentais Investigativas (AEI) no processo de ensino. Diante dos resultados foi possível perceber que as AEI estimularam a formulação de conceitos em Óptica permitindo a discussão com o professor, bem como o engajamento dos estudantes diante das atividades.

Consideramos que as atividades permitiram a discussão estabelecida frente aos conceitos de propagação retilínea da luz, reflexão e absorção da luz, formação de sombras e imagens, e os processos de visão e contribuíram para iniciar o aprendizado desses conceitos.

No entanto, ao longo das atividades, o papel do professor como mediador das discussões foi fundamental, demonstrando assim que a simples realização de experimentos não é sinônimo de aprendizagem.

A pesquisa demonstrou também que muitas das concepções alternativas descritas pela literatura apareceram fortemente da AEI, influenciando em sua realização. O papel dessas concepções no ensino foi decisivo, auxiliando na condução das discussões e na formulação dos conceitos. Como exemplo dessa conquista, ressaltamos a discussão estabelecida quanto ao sistema de visão. Os estudantes trouxeram para a atividade experimental uma concepção anterior dos processos de visão que foi decisiva para que pudessem compreender completamente o conceito.

Os discursos presentes nos vídeos e entrevistas demonstraram que os estudantes se sentiram desafiados pelas AEI e motivados a participar. A interpretação das falas permitiu perceber a satisfação e como isso interferiu na aprendizagem do conceito. Consideramos essa motivação decisiva no momento da aprendizagem.

Outro fator relevante surge realizando um paralelo entre os diálogos das duas turmas. As diferentes decisões diante das atividades podem ser atribuídas aos conhecimentos prévios e as experiências anteriores dos integrantes dos grupos, em especial pelos alunos mediadores das discussões. Isso nos influenciou na maneira de interpretar os resultados dos experimentos e de chegar às conclusões.

Portanto, entendemos que discutir a aprendizagem e seu processo, desvinculados do meio sociocultural do estudante, das suas interações sociais, é um erro, limitando os processos de ensino. Durante uma Atividade Experimental Investigativa o aluno consegue expor seus conceitos, discutir com os colegas e o professor e reconstruí-los, tendo como aliado a possibilidade de ver o fenômeno, interagir com ele.

A escola deve se adaptar a essa realidade se busca realmente chegar a aprendizagem que faça do estudante um cidadão crítico, capaz de transpor para a sua vida os conhecimentos aprendidos na escola. Deve propor as discussões de vários temas, em várias esferas e conduzidas pelos mais diferentes personagens, proporcionando ao educando formar novos significados que permitiram um crescimento desse indivíduo e conseqüentemente da sociedade em que ele se insere. Uma educação transformadora permite que os alunos se formem agentes de transformação da realidade. Nosso papel como educadores é fornecer condições que transformem o educando de maneira realmente significativa.

## 7. Referências

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. O Método das Ciências Naturais e Sociais: pesquisa Quantitativa e Qualitativa. 2. ed. São Paulo: Thomson, 1998.

ANDRADE, G. T. B. DE. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 1, p. 121–138, 2011.

ANDRADE, J. M. Concepções Alternativas em Óptica. Campinas, 1995.

ARAÚJO, M. S. T. DE; ABIB, M. L. V. D. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

BEVILACQUA, G. D; COUTINHO-SILVA, R. O ensino de Ciências na 5ª séries através da experimentação. Rev. Ciência e Cognição. v.10. 2007, p.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, dez. 2002.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 20 de dezembro de 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_20dez\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf)

BRAVO, B; PESA, M; POZO, J. I. La enseñanza y el aprendizaje de la ciencias. Um estúdio sobre LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIAS. UN ESTUDIO SOBRE «qué, cuándo y cuánto» aprenden los alumnos acerca de la visión. Enseñanza de las Ciencias, v. 30 (3), p. 109-132, 2011.

- CHASSOT, A. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.ed.3. Unjuí.2003.
- CRIADO, A. M; ROSA, C.; GARCIA-CARMONA, A. Lá Cámara Oscura en La clase de ciências: fundamento y utilidades didáticas. Revista Eureka Enseñ. Divul. Cien. P, 123-140, 2007.
- DRIVER, R.; GUESNE, E; TIBERGUIEN, A. Ideas científicas em La infância y La adolescência. Madrid: Ediciones Morata, 4. ed., 1999.
- ENGESTRÖM, Y. Non scholae sed vitae discimus: como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, Harry (Org.). *Uma introdução a Vygotsky*. São Paulo: Loyola, 2002.
- FLORES, J.; CABALLERO S., MARÍA C.; MOREIRA, M. A. El laboratorio en la enseñanza de las ciencias : Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. v. 33, n. 68, p. 75–111, 2009.
- FONTANA, R. A. C. Mediação Pedagógica na Sala de Aula. 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2000.
- FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2, p. 109–123, 2003.
- FRANCO, G. M.; CRIADO, A. M. ; CARMONA, A. G. Investigating Image Formation with a Camera Obscura: a Study in Initial Primary Science Teacher Education.Springer. 2018
- GASPAR, A. Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. Ed. 1. Livraria da Física, São Paulo, 2014.
- GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A; DELIZOICOV, D. Freire e Vygotsky: um diálogo com pesquisas e sua contribuição na Educação em Ciências. *Pro-Posições*, Campinas, v. 21, n. 1 (61), p. 129-148, jan./abr. 2010.
- GIBIN, G. B.; FILHO, M. P. S. Atividades Experimentais Investigativas em Física e

- Química: uma abordagem para o Ensino Médio. . Ed. 1. Livraria da Física, São Paulo, 2016.
- GONÇALVES, M. e CARVALHO, A.M. As atividades de conhecimento Físico: um exemplo relativo à Sombra. Cad.Cat.Ens.Fis., v.12,n.1: p.7-16, abr.1995.
- HEWITT, P. Física Conceitual.Porto Alegre: Bookman, 2011.HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.10,n.3: p.220-234, dez.1993.
- HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. Education philosophy and theory, v. 20, p. 53–66, 1988.
- LUDKE, Menga & ANDRÉ, Marli E.D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 99p.
- LUNAZZI, J. J. “La Nube” - A maneira mais emocionante de se experimentar espelhos planos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 2: p.416-425, ago. 2009.
- LUNAZZI, J. J. ; AMON, M.C.; TOLEDO, R. S. La óptica de imágenes en la extensión universitaria de Unicamp. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No. 2, May 2010.
- \_\_\_\_\_ Olmec mirrors: an example of archaeological American mirrors. International Commission for Optics –ICO. Ed. Anna Consortini, Ac. Press. 1996. p. 411-421. v. 3. Disponível em: <<http://arxiv.org/pdf/physics/0701328>>.
- \_\_\_\_\_ “On the quality of the Olmec mirrors and its utilization”, Proc. of the II Reunión Iberoamericana de Óptica, Guanajuato - GTO, Mexico, 18-22.09.95, 1996
- \_\_\_\_\_.Revivendo o estereoscópio de Wheatstone. v. 25. n.1, 2015.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. DA. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. Ciência & Educação (Bauru), v. 17, n. 3, p. 721–734, 2011.
- MANZINI, E. J. A entrevista na pesquisa social. Didática, São Paulo, v. 26/27, p. 149-158, 1991.
- MOREIRA, M. A. Grandes Desafios para o Ensino da Física na Educação Contemporânea. Conferência proferida na XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física,

Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014.

NEVES, R. A; DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. UNIrevista, v. 1,nº 2, 2006.

PENA, F. L. A. Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 34, n. 1, 2012.

PINO, A. A interação Social: Perspectiva Sócio-histórica. Construtivismo em Revista. p.144 São Paulo 1993.

RIBEIRO, J. L; VERDEAUX, M. F. S. Atividades experimentais no ensino de Óptica: uma revisão. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 4. 2012

RIBEIRO, J. L. Uma atividade experimental sobre sombras inspirada em um cartum. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 3, 2015.

ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto – relevância da História da Ciência no Ensino da Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 5, n. Especial, p. 7–22, 1988.

SANTOS, G. B. ; CUNHA, S. P. Câmera escura estéreo: Construção e atividades experimentais. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 32, n. 3, p. 879-901, dez. 2015.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Revista ensaio.v.17, p. 49-67, Belo Horizonte, Nov. 2015.

SCHÖNBORN, K. J.; TREVOR, R. The importance of visual literacy in the education of biochemists. v. 34, n. 2, p. 0–13, 2006.

SILVA JUNIOR, J. F. Uma Abordagem Dialógica Para a Utilização De Atividades Experimentais Em Sala De Aula. 2010.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. Caderno Catarinense do Ensino da Física, v. 17, n. 3, p. 360–369, 2000.

VALADARES, J. A.C S. Concepções Alternativas no Ensino de Física à Luz da Filosofia da Ciência. Dissertação de Doutorado em Ciências da Educação. Universidade Aberta de Lisboa. 1995

VYGOTSKY, Lev Semenovich. Problemas de método. In: VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A Formação Social da Mente**. 2. ed. Brasil: Martins Editora, 2007. Cap. 5. p. 59-83.

ZIMMERMANN, E. Pedagogos e Ensino de Física nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. Caderno Brasileiro de Ensino de Física v.24, n.2, 2007.

### **Sites de Consulta e eventos relacionados à pesquisa:**

- Evento "Veja a luz como nunca viu"

- Evento "Exposição de Holografia"

-Página do evento "Experimente a Física", que contém o catálogo de demonstrações didáticas de física disponíveis para empréstimo.

## **8. Anexos**

### **Anexo I - Questionário Diagnóstico**

*Olá estudante, tudo bem!*

*Gostaríamos de convidar você para responder a algumas perguntas sobre Ciência. Sua participação é muito importante para a nossa pesquisa, e esperamos que você se divirta com as atividades que planejamos.*

*Vamos Lá!*

Série: \_\_\_\_\_

1. (Adaptado de P. Hewitt, 2002. P. 453) Um amigo lhe diz, num tom profundo, que a luz é a única coisa que somos capazes de ver. Seu amigo está correto? Explique.

\_\_\_\_\_

2. Observando o ambiente em que você está agora, onde existe Luz? Explique sua resposta.

\_\_\_\_\_

3. Explique como conseguimos ver os objetos e as pessoas que nos cercam.

\_\_\_\_\_

4. Você provavelmente já observou sua sombra projetada em uma parede. Tente explicar como ela se forma.

\_\_\_\_\_

5. Hoje é comum utilizarmos o celular para tirar fotografias, mas você saberia explicar como elas se formam dentro da câmera do celular?

\_\_\_\_\_

6. Para tirar uma fotografia, a luz é importante? Explique.

\_\_\_\_\_

7. Você provavelmente já observou o céu noturno, e percebeu que a Lua possui um intenso brilho. Sobre isso responda:

a) Existe luz no espaço? Explique sua resposta.

\_\_\_\_\_ Por que

conseguimos ver a Lua? Explique sua resposta.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Responda às próximas questões de acordo com a escala abaixo:

8. Você já fez experimentos de Física nas aulas de ciências?

Nunca	Uma vez	Várias Vezez

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

9. Na escala abaixo marque sua afinidade com a disciplina de Ciências:

Não Gosto	Gosto pouco	Gosto Muito

10. Você considera que os conteúdos das aulas de Ciência são importantes para explicar situações do dia-a-dia?

Pouco	Razoavelmente	Muito

Dê \_\_\_\_\_ um  
exemplo: \_\_\_\_\_

11. Marque na escala abaixo sua opinião sobre as atividades experimentais nas aulas de Física:

a) *Facilitam a compreensão do conceito?*

<i>Pouco</i>	<i>Razoavelmente</i>	<i>Muito</i>

b) *Deixam a aula mais interessante?*

<i>Pouco</i>	<i>Razoavelmente</i>	<i>Muito</i>

12. *Quais são suas expectativas em relação às atividades que serão realizadas?*

## **Anexo II - Transcrição dos diálogos**

*Transcrição dos diálogos durante as atividades*

Experimento 1 - “Por onde anda a luz?”

*Grupo 1*

*Aluno 1: Chegamos a uma conclusão galera, que esse objeto aqui - disse apontando a lanterna para um quadrado de isopor - , como ele é tipo assim grosso... tem uma espessura assim a luz não passa dele - comentário foi feito apontando a lanterna para o objeto - . Aqui não tem luz – disse apontando a lanterna atrás do objeto - , fica sombra.*

*Mas se pegarmos um papel - se referindo ao papel celofane – e luz, a luz passa porque ele é mais fino. Ai, tipo, se você dobrar ele assim ô... vai ficando mais difícil para ela passar....*

*Aluno 2: mas se você põe o espelho na frente ai você fica cego...*

*Aluno 1 complementa: é... ai você põe o espelho na frente, reflete.*

Aproximando a lanterna do papel celofane dobrado, o aluno 1 comentou:

*Aluno 1: agora ô, como a luz ta mais forte ela consegue passar, mesmo ele dobrado.*

*Aluno 3: Então quanto menos ... é... quanto mais...*

*Aluno 1: quanto mais a luz é forte...*

*Aluno 3: quanto mais o papel é...mais forte.... a luz vai ficando mais forte... não esperai... eu “tô” é ...*

*Aluno 1: “risos”*

Trocando o papel celofane por um pedaço retangular de isopor, discutiram:

*Aluno 3: a luz se movimenta*

*Aluno 1: ai vai mexendo... ô... ela está se movimentando, é igual ao Sol. Igual o nosso Sol, é nós que giramos em torno dele.*

*Vamos ver agora...hum... esse aqui – segurando um disco de isopor.*

*Aluno 4: tenta encaixar a sombra no quadradinho vai...*

*Aluno 1: empresta ai... ô... “rapidão”... então quanto maior é o objeto, maior é a sua sombra e se você chegar mais perto dele, maior sombra, até que não sobra mais nada.*

*Aluno 4: até que você aproxima...*

*Aluno 1: ai você indo longe, ela vai ficando menor*

*Aluno 1 realiza uma pergunta: será que nos devemos falar de imagem também?*

*Aluno 5: imagem?? Olha na régua... coloca luz na régua, estica.*

*Aluno 1 reage quando aparece a imagem da sombra da régua na mesa: ah!!*

*Aluno 5: olha isso aqui!! Ali atrás ali... interessante “cara”... é tipo...faz a sombra mas tipo a luz também “cara”.*

*Aluno 1: é... vai a sombra e fica a luz ... e na régua é “bugadão” aqui hein!!*

*Na régua é que tipo essa parte da régua é tipo... não é fina... assim...a luz passa mais fácil.*

*Todos os outros alunos: é sim!*

Os alunos resolvem então colocar a lanterna dentro do estojo, e fazer observações:

*Aluno 1: como esse aqui é mais grosso, ela tem um pouco mais de dificuldade para passar.*

*Porque? Agora tem que explicar?*

*Professora: e ai já dá pra responder?*

*Aluno 1: Já!*

*Professora: vocês já tem todas as características da luz?*

*Aluno 1:ô, ela consegue se movimentar e tipo quando o objeto tem assim mais espessura, ela não passa, ai nesse que tem menos – se referindo ao papel celofane – ela consegue passar.*

*Só que aí se você dobrar o negócio para ele ter um pouco mais de grossura, ela vai ter uma dificuldade para passar.*

*Professora: por que será?*

*Aluno 1: hum...*

*Professora: por que ela tem uma dificuldade para passar, sendo que ela é a mesma? A luz é a mesma certo?*

*Aluno 1: certo....*

*Professora: e por quê que de repente ela tem mais dificuldade para passar?*

*O que a espessura tem a ver com isso? A gente tem que tentar explicar, se ela não passa por causa da espessura?*

*Aluno 4: por que tem mais espessura?*

*Professora: tá, mais ainda não explicou.*

*Pensem nisso! Por que quando antes ela passava, e se eu dobrar ela para de passar?*

*Alunos estavam pensativos: hum...*

*Professora: vocês já fizeram o teste pra ver se esquenta a mão?*

*Aluno 5: eu já!*

*Aluno 3: porquê?*

*Professora: e aqui será que esquenta também? Por que será que esquenta?*

*Todas elas são características da mesma coisa.*

*Aluno 5: professora, uma vez eu vi uma lanterna que a luz dela era tão forte que se colocasse no isopor começava a pegar fogo.*

*Professora: lega! E isso acontece com alguma outra coisa que a gente conhece?*

*Aluno 1: é tipo o Sol!*

*Aluno 3: e daí? Ele esquenta a gente. Ele é luz!*

*Professora: a luz do Sol é parecida com essa que a gente tem aí?*

*Alunos: sim*

*Professora: é mais forte ou mais fraca?*

*Alunos: mais forte?*

*Professora: então as características são...?*

*Aluno 1: a mesma!*

*Professora: muito parecidas... vamos lá, anotem tudo aí!*

*Aluno 1: anota aí, quanto mais a luz está próxima, mais ela esquenta.*

*Quanto mais a luz é forte, mais ela esquenta.*

*Aluno 5: empresta aí... – disse pedindo a lanterna. Cara pode ser também é... tipo, a luz não passa nisso por que ele tá ficando mais forte que ela.*

*Aluno 5: meu dedo fica vermelho...*

*Aluno 1: vamos ver... por que a luz não passa sendo que é a mesma?*

*Aluno 1: agora a gente tem que fazer isso... a gente tem que...*

*A gente tem que ver agora como é que a luz não consegue passar, sendo que é a mesma luz.*

*O aluno 1 faz um teste colocando a lanterna acesa no cabelo de um dos alunos*

*Aluno 1: olha o cabelo dele! Não passa, mas se você pegar pouco passa.*

*Aluno 5: vai pegar fogo!*

*Aluno 1: agora a gente tem que descobrir o porque*

*Aluno 1: ô... se a luz ... se ela for forte...em algum lugar assim, ela vai esquentar. Tipo na própria lanterna que está quente aqui ô. Por causa da força da luz...ai se ela fosse... quanto mais forte ela vai ficando, mais quente ela fica.*

*Aluno 5 : a luz passa em objetos que tem densidade menor...*

*Aluno 1: sim...*

*Aluno 5: tipo isso.*

*Aluno 1: sim, densidade menor é.*

*Aluno 1: Ah isso aqui deve ser pouco também... isso daqui também é pouco, mas não passa*

*Aluno 3: é porque é preto que não passa.*

*Aluno 4: ah então quer dizer que.... mas aqui ô... isso aqui também é branco e também não passa – utilizando um pedaço de isopor .*

*Aluno 3: é mais sem a luz...*

*Aluno 1: é... vamos ver agora... porque a gente não coloca uma caneta alguma coisa. O que a gente fala agora?*

*Aluno 1: a velocidade dela é muito... veloz... ela se desloca muito rápido...*

*Aluno 3: Edson. Anota! A luz se desloca muito rápido.*

## ***Vídeo 2: discussão sobre o porque da luz atravessar o papel celofane***

*Aluno 1: eu acho que a luz não passa nesse objeto sendo que é a mesma luz, porque ela não tem força suficiente para passar sobre ele - se referindo ao papel celofane*

*Aluno 1: tipo esse objeto. Certeza...*

*Aluno 3: sei...*

*Aluno 3: é por isso que não passa esse aqui, por que ela não tem força suficiente pra passar esse aqui.*

*Aluno 4: é verdade hein... não acho que nada a ver*

*Aluno 1: mas mesmo assim cara, se ela fosse forte ela ia queimar o objeto ao invés de passar por ele*

*Aluno 4: verdade.. é isso...*

*Aluno 1: hum... eu acho...*

*Aluno redator: você já viu se esquentou esse objeto?*

*Aluno 1: hum?*

*Aluno redator: se já esquentou esse objeto?*

*Aluno 1: o “fulano” tentou mas não esquentou não.*

*Aluno 1: não depende da força dela, se ela for mais forte ela vai esquentar mais rápido, se ela for mais fraca demorar pra esquentar. Essa não é tão forte pra queimar a gente mas a lanterna aqui ô, essa cabecinha dela aqui ... tá quente*

*Aluno 1: fala da luz da nossa visão...*

*Aluno 4: como assim?*

*Aluno 1: a luz da nossa visão, tipo pra gente enxergar a gente precisa da luz porque ela ilumina.*

### ***Vídeo 3 - discussão sobre as sombras***

*Professora: e aí?*

*Aluno 1: hum... ela não caminha ela fica parada.*

*Professora: quando a gente põe ela no espelho o que acontece com ela?*

*Aluno 1: quando a gente põe no espelho?*

*Professora: é*

*Professora: o que acontece quando a gente coloca um filtro nela?*

*Aluno 4: a luz reflete no espelho*

*Professora: reflete?*

*Aluno 4: vamos colocar duas lanternas aqui... ilumina aqui assim... não espera ...*

*Aluno 1: a luz não caminha tá ligado, ela fica ali! A não ser que eu mexa a lanterna.*

*Aluno 3: então ela caminha se você mexer*

*Aluno 1: se eu mexer*

*Aluno 3: então, ela caminha.*

*Aluno 4: coloca o filtro ali na frente da lanterna? Ficou “maneirão”*

*Aluno 3: tem que anotar isso daí.*

*Aluno 1: quando a luz fica parada, aqui não ilumina – disse mostrando a região de sombra atrás do objeto*

*Aluno 6: é igual a lua. Uma face da lua ... é... digamos que isso é a Lua*

*Aluno 5: a que conclusão você chegou com isso aí?*

*Aluno 1: nenhuma*

*Aluno 4: nossa olha o tamanho da sombra do objeto!!*

*Aluno 1: esse daqui, dependendo do jeito que você taca a luz ô..*

*Aluno 4: faz de conta que a luz é o Sol...*

*Aluno 7: ahh... nossa fica muito bonito na câmera!*

*Aluno 1: é mesmo.*

*Aluno 4: ô... faz de conta que a luz é o Sol. Aí tá nascendo, ai chegou no meio dia, e foi.*

*Aluno 6: estão a luz está movimentando ai.*

*Vários alunos ao mesmo tempo: então a luz tem movimento*

*Professora: o que vocês estão tentando fazer?*

*Aluno 1: que a luz tem movimento igual a o negocio do Sol.*

*Professora: a luz se movimenta igual o Sol?*

*Vários alunos juntos: não... não*

*Aluno 1: É tipo, que nem o movimento do Sol, aqui ô... – disse mostrando como a luz faz diferentes sombras no objeto de diferentes posições – Então a gente descobriu que ela se movimenta...*

*Professora: quem é que está se movimentando nessa história?*

*Alunos juntos: a luz... junto com a nossa mão e a lanterna*

*Professora: e em uma situação real, igual vocês falaram, igual ao Sol, quem é que se movimenta nessa história?*

*Aluno 1: ah.. a Terra.*

*Aluno 4: a Terra!*

*Professora: Isso ! A gente tem uma visão errada do processo, na verdade...*

*Aluno 1: é porque a Terra é que gira...*

*Professora: a impressão que a gente tem é que quem está se mexendo é ele lá,*

*Aluno 1: é a Terra que gira em torno dele.*

*Professora: Isso!*

*Professora: Muito bem! Agora eu quero que vocês me expliquem uma coisa. Tem alguns lugares que essa luz não passa.*

*Aluno 1: é... sim!*

*Professora: por quê?*

*Aluno 1: por causa que, eu acho que tem esse “treco” aqui - apontando para o triângulo de isopor.*

*Aluno 5: por causa que tem o objeto.*

*Professora: por causa do objeto? Mas ela não passa por nenhum objeto? Não tem nenhum objeto pelo qual ela passa?*

*Vários alunos juntos: ah passa. Tem sim. O vidro...*

*Professora: ah, por que ela passa por um e não passa por outro?*

*Aluno 1: transparente...*

*Aluno 4: passa por outro mais grosso, professora?*

*Professora: essas perguntas que eu estou fazendo pra vocês meninos, é pra tentar levar à aquela resposta. A luz tem algumas características, e tudo isso é característica dela. Por exemplo, ela não passa ali, mas ela passa no outro. Então porque?*

*Aluno 1: é porque esse aqui é mais fino... – utilizando o papel celofane*

*Professora: mais fino.. vai anotando todas as respostas que vocês vão tendo... tudo o conseguimos.depois vocês vão discutir isso e ver qual das respostas é mais legal de responder... que responde aquilo com melhor detalhes. Vocês estão investigando, investigação é assim mesmo.*

*Aluno 4: tem menos matéria aqui ... alguma coisa assim.*

*Professora: dobra ele – papel celofane - e vê o que acontece.*

*Aluno 1: ah!!*

*Experimento 2 - Como é possível um objeto menor encobrir um objeto maior?*

*Aluno 1: “mano”... “mano” e o objeto maior e o objeto menor?*

*Aluno 2: Já fizemos faz tempo!*

*Aluno 1: mas você não gravou!!!*

*Aluno 3: faz de novo*

*Aluno 5: empresta aí... em tenho que fazer aqui*

*Aluno 5: “ô”... o objeto grande*

*Aluno 4: quanto mais perto a luz estiver...*

*Aluno 5: é... quanto mais perto a luz estiver, maior a sombra. A sombra cobriu a figura.*

---

### **Grupo 2: Experimento 1 - Por onde anda a luz?**

*Aluna 1: eu não sei o que a gente vai fazer...*

*Aluno 3: é “zueira” hein...*

*Aluno 2: e se a gente colocar esse “negocinho” aqui - utilizando um pedaço de papel cartão - naquele “negocinho” ali - utilizando a lanterna - pra ver...*

*Aluno 3: nossa é mesmo...*

*Aluna 1: vamos fazer um relógio... do Sol... é eu acho que dá certo.*

*Aluna 1: não pra fazer aquele relógio que quando a luz bate aqui o...*

*Aluna 1: da pra fazer um relógio*

*Aluno 3: nesse formato aí?*

*Aluna 1: por causa que a ponta tem que estar no final pra fazer...ô professora, não dá pra fazer tipo um relógio de Sol que aí vai virando a lanterna e a luz?... eu to tentando fazer e vocês não param de brincar...*

*Professora: presta atenção! Vocês tem que planejar juntos o que vocês vão fazer. A primeira ação que vocês vão fazer vai ser qual? O que vocês vão tentar fazer primeiro?*

*Aluno 3: responder a pergunta que você colocou ali... - na lousa.*

*Aluno 3: olha o que ela fez aqui ô...*

*Professora: qual que é a sua ideia pra fazer o experimento? Por que você quer fazer um relógio de Sol?*

*Aluna 1: pra mostrar onde é que está a sombra e que a luz se movimenta como se fosse a sombra assim...*

*Professora: então anota isso. A primeira tentativa que nós vamos fazer é um relógio de Sol pra ver o movimento.*

*Aluno 2: mas precisa anotar tudo o que a gente está fazendo?*

*Professora: de preferência sim*

*Aluno 3: o que é pra fazer mesmo?*

*Aluna 2: vocês não sabem o que é um relógio de Sol?*

*Aluno 3: então coloca luz! Coloca luz no relógio pra ver se faz sombra.*

*Aluna 1: aqui a sombra!*

*Aluno 2: mas bota a folha mais perto.*

*Aluno 2: ah lá tá formando ô!*

*Aluno 4: ah ficou legal ô!*

*Aluno 2: o professora olhando daqui parece até uma torrinha.*

*Aluna 1: se a gente colocasse uma coisa assim olha – disse colocando o espelho em cima da sombra - ...ficaria do mesmo jeito... tipo assim.. sei lá*

*Aluno 4: a lá, agora ficou legal. Parece um castelo sei lá...*

*Aluno 2: ficou... ficou parecendo uma torre de um castelo*

*Aluno 4: uma torre cara ...*

*Aluno 2: vamos tentar colocar essa cor aqui na frente – utilizando o papel celofane...*

*Aluno 4: ah espere aí*

*Aluno 2: ah ficou da hora!*

*Aluna 1: como se fosse um eclipse aqui que impede o Sol de entrar – disse colocando o espelho na frente da lanterna, impedindo a formação da sombra da torre – ...olha ... mesmo assim ainda tem uma sombra aqui.*

*Aluno 4: que eclipse?*

*Aluno 2: que eclipse. Eclipse é mais bonito.*

*Aluna 1: ô deixa eu tirar meu braço... vai ter uma sombra perai...não sei se dá pra ver olha...*

*Aluno 2: é assim ô... o que a gente tá tentando fazer aqui ô? Sombra*

*Aluna 1: quando a lanterna se reflete... a luz da lanterna bate no espelho, ele se reflete para um lugar direcionado, numa linha reta, e forma uma sombra.*

*Aluno 2: a sombra do que mais ou menos...*

*Aluna 1: a sombra de um objeto parado. Se a gente coloca a lanterna direcionada ao objeto, do outro lado do objeto vai ter uma sombra dele. E conforme a gente vai rodando a lanterna,*

*a sombra vai se movimentando, como se fosse tipo, o Sol, a Terra e um objeto. Tipo o Sol está parado, a Terra está se movimentando, e o objeto está parado. E aí conforme a Terra vai rodando, a luz vai fazendo sombras ao redor... do objeto.*

*Aluno 2: ao redor do objeto.*

*Aluna 1: é ao redor do objeto.*

*Aluna 1: já que a gente não tá fora do planeta pra vê isso a gente tá fazendo com uma lanterna e com objetos.*

*Aluna 1: é aqui a gente vai fazer... vamos ver... com uma bola de isopor, a gente vai tentar refletir ele no espelho. Aí a gente vai mirar... eles vão mirar o espelho no objeto. Então a luz que da lanterna que foi pro espelho tá refletida no objeto que vai se transformar em uma sombra desse objeto.*

*Aluna 1: agora a gente vai colocar um papel colorido no... na lanterna ou no espelho?*

*Aluno 2: no espelho*

*Aluna 1: no espelho?*

*Alunos 3 e 4: na lanterna*

*Aluna 1: então vai, na lanterna. E a gente vai fazer a mesma coisa que a gente estava fazendo antes. Pegando a lanterna, direcionando ela pro espelho, e fazendo uma ... hora?... luz...*

*Aluno 3: vira aqui assim ô.. aí*

*Aluna 1: não dá pra ver a hora...*

*Bom aí a gente pode fazer com vários objetos que vai sempre estar o contorno dele, uma sombra! É basicamente isso mesmo. Acho que não tem quase mais nada pra falar.*

*Aluna 1: é... e quando a gente pega um espelho sozinho, se a gente está em um ambiente com luz, a luz é refletida no espelho e agente... pra onde direciona o espelho faz uma sombra em algum objeto ou em alguma pessoa... se o espelho for grande...*

## ***Experimento 2 – Como é possível um objeto menor encobrir um objeto maior?***

### ***Montagem do Relógio de Sol***

*Professora: e vocês conhecem isso de onde?*

*Aluna 1: ah eu já vi um vídeo...*

*Aluno 2: Eu vi em um desenho.*

*Aluna 1: Aí eu lembrei assim – disse apontando para a luz que batia na seta e fazia sombra no papel - ... aí eu lembrei da ponta dele que marca a hora*

*Professora: e essa hora... ela depende de quem?*

*Aluno 2: do Sol*

*Aluna 1: do Sol porque quanto tá... girando né...mudando de posição, aí ela vai virando.*

*Professora:agora mais uma pergunta pra deixar vocês preocupados: nessa história quem é que está se movendo?*

*Aluno 2: nessa história? O Sol. Não, é a sombra*

*Aluno 3: Não, é a sombra que está se movendo.*

*Aluna 1: é a sombra que está se movendo.*

*Todos os aluno respondem juntos: não é a Terra, é a Terra.*

*Professora: ali é a lanterna, certo. Mas, em uma situação real...*

*Aluna 1: é a Terra*

*Aluno 2: Sombra*

*Professora: é a Terra*

*Aluno 2: é a Terra*

*Professora:essa sombra, ela existe por que?*

*Aluno 2: por causa da luz.*

*Professora: por causa da luz?*

*Aluno 2: sim por que imagina... como é que vai ter sombra no escuro – risos*

*Aluna 1: a luz não passa do objeto e aí vira a sombra.*

*Aluna 1: a gente pode fazer uma coisa, tipo assim.. é... aí...*

*A luz passa no objeto e se transforma na sombra. A sombra é o contorno do objeto... colocar alguma coisa assim.*

*Aluno 4: parece a hora ô...parece um relógio – disse observando a sombra do relógio de Sol*

*Aluno 2: vai girando, vai girando, vai girando...*

*Aluno 3: oh!*

*Aluna 1: peraí... vai passando de mão em mão que aí da certo*

*Aluno 3: ai tá o ponteiro do relógio oh...aí vai girando, vai girando, vai girando,*

*Agora observando o espelho fornecido:*

*Aluna 1: o espelho está pegando a luz da janela, e tá batendo e refletindo.*

*Os alunos começaram a colocar uma peça em cima da outra, de forma aleatória.*

*Aluno 2: mas o que vocês vão querer fazer com isso aí? o beatriz o que você vai querer fazer com isso aí?*

*Aluna 1: não sei*

### **Grupo 3: Experimento 1 – Por onde anda a luz?**

*Aluno 1: vamos discutir galera... o que vocês acham galera?*

*Aluna 2: deixa eu ver*

*Aluno 3: cuidado...*

*Professora: e quando passa por que está passando?*

---

*Aluna 4: ela passa um pouquinho só*

*Professora: um pouquinho só?*

*Aluna 2: ela passa ô...*

*Aluna 4: vamos ver esse - papel celofane - ... esse passa mais ô...*

*Professora: isso vai investigando. Anota tudo o que vocês estão observando.*

*Aluna 2: e aqui no espelho não passa ô... no espelho não passa...*

*Aluna 4: não, reflete!*

*Aluna 2: então, mais ela não passa... deixa eu ver um negócio...nossa!!! olha aqui!!!*

*Aluno 2: vou ensinar vocês, ciências. Qual é a sensação que você está sentindo ver a luz transmitindo no seu olho – disse colocando a lanterna na frente do papel celofane e apontando para o rosto de um colega.*

*Aluno 3: não está passando... não pega...*

*Aluna 2: não está??*

*Aluna 5: eu vou escrever tudo o que vocês estão falando... pode escrever isso?*

*Aluna 4: Não!*

*Aluna 4: a luz pisca!*

*Aluna 5: é a lanterna que faz ela piscar, né gente...*

*Aluna 4: ô aqui ela reflete ô – apontando a lanterna para o espelho - ... aqui ela não passa – colocando a lanterna no isopor...*

*Aluna 2: passa sim ô!*

*Aluna 4: mas assim ela não passa ô – colocando na posição paralela a mesa - ... olha embaixo...*

---

---

*Aluna 4: aqui ô... aqui ela passa – disse fazendo a mesma experiência com o papel celofane na posição paralela à mesa*

*Aluna 2: tá “filha” coloca assim... - colocando a lanterna na frente do isopor com perpendicular a mesa, e atrás de tudo o espelho - ... quem sabe se transmite aqui... ela tá chegando aqui – atrás do isopor – e vai que ela chegue aqui – apontando para o espelho*

*Aluna 4: não...*

---

*Aluna 2: não chega no espelho né... então ela não está transmitindo.*

*Aluna 5: no espelho ela bate e reflete..*

*Aluna 2: ela bate e volta... tipo ô ... reflete aí no espelho ... ela vai voltar no seu olho.. não tá voltando?*

*Aluna 2: olha lá... a luz ta transmitindo na parede ô...*

*Aluno 5: o que é pra escrever?*

*Aluna 2: a luz...*

*Aluno 3: a luz passa aonde que não tem ... tipo assim...*

*Aluno 3: a luz passa onde não é totalmente fechado...*

*Aluno 1: e aí professora, a gente descobriu que a luz, ela passa em só algumas coisas... ela não passa em tudo. Um exemplo é o isopor, ela passa mas não totalmente. No papel - celofane – ela passa mas muda de cor. Então é isso aí mesmo...*

*Aluno 1: a gente descobriu aqui que quando você põe a lanterna sobre o lápis, ou sobre alguma coisa aparece a sombra. É isso mesmo.*

---

#### ***Grupo 4: Experimento 1 – Por onde anda a luz?***

*Aluna 1: fica vermelho – disse apontando a lanterna para o espelho com o papel celofane em cima...*

*Aluna 2: não, põe no papel... mira no papel. Você tá vendo?*

*Aluna 3: Ai eu to vendo aqui oh... viu fica vermelho*

*Aluna 4: e se pro esse “bazuinho” aqui ô – utilizando o papel cartão cortado com furo, colocado na frente da lanterna...*

*Aluna 4: ai faz um burquinho igualzinho, entendeu...olha lá ô, na mesa.*

*Aluna 3: põe mais perto... mas não reflete...*

*Aluna 4: calma cara!*

*Aluna 2: pega a lanterna do celular pra ver.*

*Aluna 3: mas essa é pior*

*Professora: vai anotando ou falando tudo o que vocês vão percebendo*

---

*Aluna3: eles estão montando assim...*

*Aluna 2: a outra vai imitar...*

*Aluna 3: olha lá... você está vendo?*

*Aluna 4: ali ô é mesmo....*

*Aluna 1: cada lado tem uma luz*

*Aluna 5: a luz se desloca, eu acho, então...*

*Aluna 3: Sim!!*

*Aluna 4: por que ela se desloca?*

*Aluna 4: ai ô reflete aqui se você virar a luz pro espelho ela reflete para o lugar entendeu...?*

*Aluna 3: É verdade!!! Se a gente virar a luz pro espelho ela vai para outro lugar*

*Aluna 2: ali ô ela está indo no espelho da Júlia!*

*Aluna 2: “Sora” vem cá...*

*Aluna 3: levanta...*

*Aluna 4: coloca no espelho*

*Aluna 3: olha lá...*

*Aluna 4: reflete no chão, ou tipo assim, vai no teto...*

*Aluna 2: chama a “Sora” lá...*

*Aluna 1: Porquê a luz não passa no objeto...*

*Aluna 4: por que ele é um objeto sólido!*

*Aluna 3: por que ele é um objeto sólido, o que mais Marina?*

*Aluna 3: por que ele é um objeto sólido e tampa a luz...?*

*Aluna 4: ele impede que a luz atravesse ele.*

*Aluna 4: como que nós vamos falar agora? Gente, eu preciso de ajuda pra responder eu não sei o que colocar...*

*Aluna 3: uai coloca assim que ... quando a luz está forte... quando a luz está mais perto, mais forte...*

*Aluna 5: olha lá reflete oh... colocando a lanterna na frente do espelho*

*Aluna 4: está mais forte?*

*Aluna 3: isso, quando está perto ela fica... quando está perto ela fica...quando a luz está perto ela fica mais forte... por isso coseguimos varias sombras de um... varias sombras... de um mesmo...*

*Aluna redatora 4: de um mesmo objeto*

*Aluna 3: isso!*

*Aluna 2: a régua gente...*

*Aluna 5: a régua não está nos experimentos...*

*Aluna 3: a gente não usou o quadrado...*

*Aluna 5: usou sim...*

*Aluna 5: olha aqui na câmara... aparece 3 pontinhos aqui ô*

*Aluna 3: olha a outra...*

*Aluna 5: é faz tipo assim oh.... aqui você está vendo Marina?*

*Aluna 3: ahan...*

*Aluna 5: olha lá!*

*Aluna 3: olha aqui! Aparece!! Que “da hora”*

*Aluna 4: olha aqui.. três pontinhos na câmara*

*Aluna 3: Olha ai que da hora!!!*

*Aluna 3: deixa eu ver...*

### ***Discussão da propagação retilínea da luz***

*Professora: então a luz faz curva?*

*Aluna 3: não...?*

*Professora: pensa comigo... se eu tivesse...na luz...minha sombra está lá atrás, se eu tivesse luz passando nas minhas costas eu teria luz passando lá?*

*Todas as alunas: não...*

*Professora:então a luz caminha em linha reta ou não?*

*Todas as alunas: sim*

*Professora: sim né? É uma característica importante*

*Aluna 3: sim*

*Professora: sim, se eu tiver que entender o que é luz, eu tenho que saber por onde ela vai...*

*Aluna 3: professora... a gente... assim.. quanto mais perto o objeto fica da luz, ele fica maior.*

*E quanto mais longe... ele fica menor*

*Aluna 2: ele fica menor...*

*Professora: ele fica maior?*

*Aluna 2: a luz...*

*Aluna 3: a luz dele fica menor..*

*Professora: a luz dele fica menor?*

*Professora: ele aumenta de tamanho?*

*Aluna 3: não... a luz... ela vai diminuindo quando está chegando mais perto porque eles estão impedindo a sua passagem...*

*Professora: muito bem! E o que isso tem a ver com cobrir o objeto? Vocês estão quase na resposta. O que é que todo o que você falou tem a ver com eu tentar fazer com que esse (isopor menor) objeto cubra esse (isopor maior)?*

*Aluna 4: porque ele está mais perto da luz. Como ele está mais perto da luz ele vai ficando maior*

*Aluna 3: ele... quando estiver mais perto da luz, ele vai ficar impedindo a passagem dela*

*Professora: ele vai ficar maior?*

*Aluna 4: não...*

*Aluna 5: a luz vai passar...*

*Professora: a luz dele vai ficar maior?*

*Aluna 4: é...*

*Professora: ou a sombra dele vai ficar maior?*

*Aluna 4: é isso..*

*Aluna 3: a sombra..*

*Professora: é a luz ou a sombra?*

*Aluna 3: a sombra...*

*Professora: o que a gente vai ver desse cara aqui é a sombra não é?*

*Todas as alunas: é!*

*Professora: então, o que é que fica maior?*

*Todas as alunas: a sombra!*

*Professora: isso! Então como a gente faz para que um objeto grande seja coberto por um objeto pequeno?*

*Todas as alunas: pela sombra.*

*Professora: como é que essa sombra tem que estar?*

*Aluna 4: grande..*

*Aluna 3: maior... mais perto...*

### ***Experimento 3 - Como se formam as imagens?***

*Aluno 1: Se a gente fizer assim está bom? - utilizando o papel cartão para fazer um cilindro.*

*Aluno2: Está ótimo...*

*Aluno 1: vocês concordam?*

*Aluno 2: sim*

*Aluno 3: mas tem que entrar luz... precisa entrar luz para aparecer imagem.*

*Aluno 2: é o celular que vai projetar a luz cara...*

*Aluno 3: mas lá era uma caixa fechada...*

*Aluno 2: então, lá era fechada, a luz estava lá dentro.*

*Aluno 3: tem que ter um buraco, e aí isso vai aqui – mostrando o plástico.*

*Aluno 2: tipo assim ô... – o aluno coloca o plástico no cilindro de papel cartão – Aí o celular fica aqui ô...*

*O aluno olha para dentro do cilindro e diz:*

*Aluno 4: cara, “maior” embaçado...*

*Aluno 2: deixa eu ver... daqui... daqui... daqui...*

*Aluno 2: Nossa vai dar certo mesmo... Ah já sei!!! Nós pode colocar tipo assim, e aí colocar a fãca para ficar grudado.*

*Aluno 4: como a gente vai fazer isso?*

*Aluno 2: um segura e o outro cola... aí você cola nessa ponta aqui... e depois nessa ponta aqui.*

*Após minha presença no grupo, um dos alunos comentou:*

*Aluno 4: a gente nem falou nossa teoria pra ela....*

*Aluno 5: Que teoria que você ia falar? Fala aí no vídeo...*

*Aluno 4: eu ia falar que na teoria nossa.... fala aí a teoria que a gente vai fazer sobre isso...*

*Aluno 1: eu não fala você...*

*Aluno 5: fala a ideia aí gente?*

*Aluno 1: tá vendo esse papel aqui - papel alumínio -, ele vai sustentar o celular...*

*Aluno 4: Certo... mas a imagem tem que aparecer projetada aqui no plástico...*

*Aluno 1: Como assim... ah entendi... é ao contrário... a gente faz um furo no papel alumínio e ele deixa a luz entrar...*

*Aluno 3: isso ai projeta do plástico...*

*Aluno 1: é assim?*

*Aluno 4: acho que sim...*

*Aluno 3: o furinho tá bom?*

*Aluno 2: não aumenta mais ai! Não vai passar nem... metade da luz...*

*Aluno 3: ai olha deu certo!!!*

*Aluno 2: Mas tipo, onde a imagem vai ser projetada?*

*Aluno 3: no buraco.*

*Aluno 1: no lugar escuro!!!*

*Aluno 1: professora tem que ser maior?*

*Professora: bem menor...*

*Aluno 5: o que nós estamos fazendo aqui? Nós estamos tentando projetar uma reflexão dentro do papelão, um plástico aqui, um papel alumínio. Com um buraquinho bem pequenininho aqui, para não refletir tanto a luz para aparecer bem no escuro sabe... pra imagem ser refletida dentro do papelão.*

*Aluno 1: professora , olha lá...*

*Professora: então vamos lá...o plástico funciona com uma tela...ai vocês devem colocar o plástico mais para dentro do cilindro, e olhar para uma fonte de luz... pode ser a janela por exemplo.*

*Aluno 1: espera ai... vai devagar...*

*Aluno 2: ai tem q estar esticado..*

*Aluno 3: ai eureka!!!*

*Aluno 1: ai deu vamos ver se seu certo...*

*Aluno 2: se der certo, chama a professora!*

*Aluno 1: Da pra ver! Ai!!!! Olha !!!*

*Aluno 3: Ai !!! Eureka!!*

*Aluno 2: escreve ai! Que a gente conseguiu ver a janela!*

*Aluno 2: Nossa que estranho... na “mora”!*

*Aluno 3: deixa eu ver! Ou dá pra ver mesmo “mano”...*

*Aluno 1: vai escreve lá no papel o que a gente viu... escreve que a gente viu três bolinhas*

*Aluno 2: não é isso não! É mais! Vem cá desse ângulo que eu estou. Coloca só a cara aqui!*

*Professora: conseguiram?*

*Aluno 1: deu certo professora, a gente viu a seta.*

*Professora: e como é que esta seta está ai dentro.*

*Aluno 1: ela está ao contrário.*

*Aluno 2: está de cabeça pra baixo...*

*Professora: o que mais? Ela é do mesmo tamanho da seta que está ai?*

*Todos os Alunos : Não!*

*Aluno 3: ela é menor*

*Aluno 4: ai viu...está de cima pra baixo..*

### **Anexo III - Transcrição das entrevistas com os estudantes**

#### *1º Grupo de alunos*

*Professora: Como as atividades que vocês fizeram ajudariam vocês a me explicar alguma coisa sobre a luz?*

*Aluno 1: ah eu acho que ... tudo o que a gente aprendeu foi na prática, e eu acho que isso foi bem mais fácil do que só tipo... por exemplo passando na lousa, foi bem mais fácil aprender assim.*

*Professora: você sabe me dizer alguma coisa sobre a luz que a gente viu?*

*Aluna 1(aquela mediadora do grupo 2 em destaque): sim é ... a luz sempre anda... é reta... e não tem luz em todos os lugares...*

*Professora: não? E onde é que tem luz?*

*Aluna 1: no Sol, nas estrelas...*

*Professora: tem mais alguma características que vocês viram que seria legal a gente dizer? Sobre a luz?*

*Aluna 1: tem aquele exercício que a gente fez né... que a gente olhava assim e que é o nosso cérebro que arruma as imagens...*

*Professora: mais alguma coisa que vocês acharam interessante?*

*Aluno 1: eu achei interessante também a parte que você fez com a lupa, fazer aparecer a imagem na parede...foi bem legal*

*Professora: vocês saberiam fazer uma daquela?*

*Aluno 1:é, com ajuda talvez...*

*Professora: o que vocês acham que precisa ter para fazer uma caixa igual àquela?*

*Aluna 2: o aparelho para mostrar a imagem né... a escuridão para aparecer a imagem.*

*Professora: vocês acham que seriam capazes hoje de pegar e mostrar para uma pessoa... olha que bacana, eu sei montar um projetor e sei explicar como ele funciona.*

*Professora: por que na imagem “lá” também saiu invertida?*

*Aluno 1: por causa que no caso não tem o cérebro, o cérebro para organizar as imagens*

*Professora: qual parte das atividades você acharam mais interessante?*

*Aluno 1: ah, o trabalho e equipe*

*Aluna 2: é e quando a gente teve que montar as coisas, foi mais legal que ficar escrevendo na sala.*

*Professora: então a equipe foi importante, trabalhar junto é mais fácil do que ficar sozinho pensando.*

*Professora: tem mais alguma coisa que vocês acharam bacana da atividade que a gente fez?*

*Aluno 1: eu achei interessante também, tipo, o que a gente pode fazer com tanta pouca coisa sabe... tipo a gente conseguiu ver a imagem das flechas com um furinho no papel assim praticamente.*

*Professora: vocês se sentiram motivados para participar? Vocês saberia me explicar porque vocês sentiram vontade de participar?*

*Aluno 1: ah porque a gente nunca tinha experimentado isso aí antes, e é uma coisa interessante de saber. A gente vive só olhando pra tudo e não sabe explicar porque.*

*Professora: se amanhã eu chegar aqui e falar : vamos fazer outra experiência, vocês participariam?*

*Todos os Alunos : sim*

*Professora: nas aulas de ciências de vocês, vocês consideram que é necessário usar os experimentos?*

*Alunos : sim*

*Professora: precisa ter experimentos?*

*Aluno 1: precisar.... é... a aula fica bem mais interessante, fica mais fácil de aprender.*

*Professora: hoje vocês acham que é mais fácil explicar a presença da luz e o que ela faz no dia a dia do que você saberia antes? Você saberia explicar o que do seu dia a dia, depois de tudo o que a gente conversou?*

*Aluna 1: ai que o espelho reflete a luz, sem a luz não tem a sombra assim dos objetos... tinha muita gente também que não sabia assim que virava. O ano passado a gente estudou mais, se a gente não tivesse estudado a gente não saberia que o cérebro que inverte as imagens.*

*Professora: como se formam as imagens? Tem que ter o que para ter imagens?*

*Aluna 1: tem que ter a luz*

*Professora: sem luz, nada feito?*

*Aluna 1: porque sem a luz a gente não enxerga*

*Professora: durante a atividade vocês erraram muito? Durante a montagem do experimento?*

*Alunos : sim*

*Aluno 1: ah algumas vezes*

*Professora: vocês lembram algum?*

*Aluno 1: a posição do objeto, o lugar*

*Professora: vocês erraram bastante para construir aquela câmara de furo?*

*Aluno 1: sim*

*Professora: vocês acharam que o erro ajudou ou atrapalhou vocês a chegarem na resposta?*

*Aluno 1: ajudou uai! Com o erro a gente foi eliminando as possibilidades*

*Professora: vocês acham que isso tem a ver com o que o cientista faz? Vocês acham que ele erra muito.*

*Aluna 1: sim até ele conseguir um resultado bom.*

*2ª Grupo de alunos*

*Professora: com as atividades que vocês fizeram ajudaram a entender o que é luz? O que vocês saberiam me dizer hoje, por exemplo, depois de ter passado por todas as atividades.*

*Aluna 1 (pertencente ao grupo 5): que a luz caminha em linha reta, que ela é refletida...*

*Aluna 2: que não existe luz em todos os lugares*

*Professora: e onde não existe luz?*

*Aluna 2: na sombra*

*Professora: o que mais vocês saberiam me dizer sobre a luz, que é importante?*

*Aluna 2: sem ela a gente não seria nada*

*Aluna 1: ela transmite energia*

*Professora: o que mais ela pode produzir pra gente?*

*Aluna 2: calor*

*Professora: calor imagens? Onde ela produz imagens?*

*Aluna 2: no olho*

*Professora: vocês viram outra imagem a não ser no olho?*

*Aluna 1: em todos os lugares quase...*

*Aluna 2: ah no projetor*

*Professora: qual foi a parte mais interessante da atividade pra vocês?*

*Aluna 2: o projetor (câmara de furo)*

*Professora: e por quê?*

*Aluna 2: porque a gente nunca imaginaria pegar um papel, um plástico, transformaria naquilo...*

*Aluna 3: tentar descobrir como a gente ia fazer o experimento... discutir como a gente ia fazer*

*Aluna 1: algumas coisas sobre a luz também...*

*Professora: vocês acharam bacanas as perguntas, por exemplo, vocês acham que isso desafiou vocês a tentarem encontrar as respostas que a gente queria.*

*Todas as alunas: sim ...*

*Professora: e foi difícil?*

*Aluna 1: um pouco.. mais ou menos*

*Aluna 3: no primeiro que você foi levar o questionário, a gente estava meio perdida assim...*

*Aluna 2: é a gente não sabia o que responder...*

*Aluna 3: a gente não teve essa explicação. Eu mesmo não tive essa explicação com experimentos essas coisas para saber como que é projetara luz mesmo... e eu entendi muito bem*

*Professora: agora está tudo mais claro.*

*Todas as alunas: sim*

*Professora: se eu passar o questionário, provavelmente as respostas seriam mais claras...*

*Todas as alunas: sim*

*Professora: vocês se sentiram motivadas a participar da atividade?*

*Aluna 3: sim é uma coisa diferente*

*Aluna 2: é algo interessante, porque os professores não fazem, passam mais teoria.*

*Aluna 1: é uma aula prática, que eu acho que se tivesse isso mais aqui a gente entenderia muito melhor a matéria.*

*Aluna 3: a gente entende mais quando a gente vê acontecendo, não só escrevendo*

*Aluna 2: eu acho que se o professor explicasse a Física dessa forma a gente entenderia melhor, tanto porque tem muita conta...mas as contas não conta muito... a gente entenderia a matéria melhor.*

*Professora: bom então vocês já responderam a outra pergunta... se é importante usar os experimentos na aula de ciências.*

*Todas as alunas: sim*

*Professora: aparentemente parece que é uma aula meio bagunçada né... a hora que a gente começa a atividade, quem entra aqui acha que isso é uma loucura... o que esse povo está fazendo... mas não é bagunça né, são vocês pensando...*

*Aluna 2: não é*

*Professora: dá um pouco mais de liberdade pra vocês.*

*Aluna 3: poucos professores entendem a gente assim...*

*Professora: é que a gente está acostumado a uma escola com todos sentadinhos, mas tem momentos em que isso não contribui pra nada*

*Aluna 3: eles só querem dar matéria, dar matéria, dar matéria e isso não ....*

*Professora: mas isso também é importante, também faz parte do processo...*

*Aluna 2: sim mas tipo, eu acho uma vez por mês ou duas ele explicar a matéria ou tipo, do nada, levar a gente para uma aula prática*

*Professora: vocês acham que saber o porque das coisas acontecerem é mais importante, do que ficar de repente só ali, decorando uma fórmula?*

*Todas as alunas: sim!*

*Aluna 2: por que a gente vai aprender isso na hora... tipo... a gente decora a gente não aprende*

*Professora: então quer dizer que seu perguntar pra vocês daqui a alguns anos, alguma coisa do que a gente fez aqui, vocês vão se lembrar?*

*Todas as alunas: sim*

*Professora: vocês podem não lembrar os detalhes de tudo isso ...*

*Alunas : sim*

*Professora: mas isso vai ficar na memória de vocês mais forte do que por exemplo as fórmulas que vocês estão vendo hoje...*

*Aluna 2: quando foi a explicação dessas coisas de luz assim...*

*Professora: já foi essa matéria pra vocês já... sobre óptica... e nada disso estava claro...?*

*Aluna 3: fica mais fácil porque as vezes a gente tem dúvidas... e a gente não sabe como explicar nossas dúvidas... as vezes o professor fala mas a gente quer provas de que aquilo existe.. de que o que ele está falando é verdade... e não só falar... porque falar é fácil, a gente quer que mostre.*

*Aluna 2: e fazer aula prática assim pode mostrar pra gente que é verdade, que acontece mesmo...*

*Professora:vocês erraram muito durante as atividades?*

*Aluna 1: sim...*

*Professora: erraram em que?*

*Aluna 2: bom... no projetor como a gente ia fazer pra imagem aparecer lá dentro... a gente fez um buraco (risos)... enorme... (risos) que não deu pra ver nada...*

*Aluna 3: mas aí a gente fez outro.. a gente aprendeu a fazer outro melhor...*

*Aluna 1: a gente consultou cada uma do grupo, falou as ideias...*

*Professora: os erros não atrapalharam vocês né...*

*Todas as alunas: não*

*Professora: ajudaram né? E a gente tem essa ideia de que não tem erro em nada... a ciência é sempre acerto... os cientistas sabem exatamente o que vão fazer... e não é bem assim...as coisas precisam de erro... o erro faz a gente crescer naquela ideia..*

*Professora:hoje vocês consideram mais fácil explicar os efeitos da luz no seu dia a dia do que antes?*

*Todas as alunas: sim*

*Professora:vocês saberiam me explicar alguma coisa do seu dia a dia que tem a ver com luz? Qualquer coisa... por exemplo... porque a luz está entrando aqui e está iluminando tudo?por que eu estou vendo tudo?*

*Aluna 2: por causa da janela?*

*Professora: só por causa da janela? A luz está entrando aqui, por causa da janela, ok. Por que a gente está vendo tudo o que está aqui?*

*Aluna 2: pela luz do Sol...*

*Professora: o que ela faz?*

*Aluna 3: ilumina...*

*Professora: ilumina...*

*Aluna 2: ilumina as coisas pra gente ver... perai... projetando para o nosso olho...*

*Professora: então a luz bate nos objetos e vai para o meu olho. E aí eu vou lá e me entendo com a luz?*

*Aluna 2: não, aí o cérebro .... como aquilo... aparece a imagem invertida...*

#### **Anexo IV - Parecer de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa**

##### **PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

Título da Pesquisa: ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA EM ÓPTICA:  
UMA ALTERNATIVA DIDÁTICA PARA A CONSTRUÇÃO  
CONCEITUAL DOS ESTUDANTES.

Pesquisador: Ana Cláudia Ribeiro Guerra

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 64255216.0.0000.5404

Instituição Proponente: Instituto de Física "Gleb Wataghin"

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

#### **DADOS DO PARECER**

Número do Parecer: 2.148.808

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_734717.pdf	12/06/2017 22:03:08		Aceito
Outros	respostaparecer.pdf	12/06/2017 22:02:42	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TERMOASSENTIMENTO.pdf	10/06/2017 23:26:22	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito

Ausência				
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	10/06/2017 23:23:38	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	10/06/2017 23:22:15	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito
Outros	atestadomatricula.pdf	18/05/2017 11:25:40	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito
Outros	autorizacao.pdf	06/12/2016 23:55:54	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito
Folha de Rosto	folharosto.pdf	06/12/2016 23:35:51	Ana Cláudia Ribeiro Guerra	Aceito

Situação do Parecer: Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP: Não

CAMPINAS, 30 de  
Junho de 2017

---

Assinado por:  
**Renata Maria dos  
Santos Celeghini**  
(Coordenador)