



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

THIAGO BALACÓ BORRAJO

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

FORTALEZA

2017

THIAGO BALACÓ BORRAJO

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B742a Borrajo, Thiago Balacó.
Atividades investigativas para o ensino de óptica geométrica / Thiago Balacó Borrajo. – 2017.
118 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho.
1. Ensino de Física. 2. Óptica geométrica. I. Título.

CDD 530.07

THIAGO BALACÓ BORRAJO

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 10 / 04 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Francisco Audísio Dias Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, que, tenho certeza, gostariam
muito de estar presentes neste momento.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por abrir portas inesperadas.

Ao prof. Afrânio de Araújo Coelho, meu orientador, por todas as reuniões, colaborações e atenção dedicada a este trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Marcos Antônio Araújo Silva e Prof. Francisco Audisio Dias Filho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Aos professores do mestrado em ensino de física, por todo o esforço em tornar o curso possível.

Aos colegas de mestrado, por todo o companheirismo, amizade e auxílio ao longo dos últimos dois anos.

À minha família, que sempre incentivou e possibilitou minha vida acadêmica.

À minha esposa, Ana Paula, que sempre esteve ao meu lado, acreditando e apoiando o meu trabalho.

Aos meus filhos, Gabriel e Lucas, fontes de inspiração e motivação para ir cada vez mais longe.

“Não se pode ensinar nada a um homem; só é possível ajudá-lo a encontrar a coisa dentro de si.”

Galileu Galilei

RESUMO

Diante de um cenário de insatisfação e desinteresse no processo de ensino/aprendizagem de ciências na educação básica, apresentamos uma proposta para o ensino de alguns tópicos fundamentais de óptica geométrica, baseada em atividades investigativas que exigem reflexão e raciocínio. Nela, os estudantes são divididos em grupos e precisam debater ideias, construir hipóteses e encontrar meios para comprová-las. Ao final de cada aula, as conclusões dos grupos são confrontadas com o conhecimento formal, possibilitando a análise de discordâncias e concordâncias com a teoria já estabelecida. A metodologia é baseada nos conceitos de aprendizagem ativa, sociointeracionismo e ensino por investigação. O grande foco da proposta é despertar o interesse do aluno, torná-lo mais receptivo aos novos conhecimentos através da problematização e do debate com os colegas e com o professor. A partir de entrevistas com os alunos, observação da sala durante as práticas e análise de relatórios elaborados pelos próprios estudantes, foi possível constatar que eles conseguiram desenvolver, efetivamente, uma atitude científica ao longo das investigações. Com esse método, é possível fazer do estudante um agente no seu próprio processo de aprendizagem, desenvolvendo suas habilidades e capacidades em um processo de educação científica.

Palavras-chave: Ensino de Física. Investigação. Óptica Geométrica.

ABSTRACT

In the face of a scene of dissatisfaction and indifference in the process of teaching/learning of science in basic education, we present a proposal for teaching some fundamentals topics of geometrical optics, based on investigative activities that require reflection and reasoning. In it, the students are divided into groups and they need to discuss about ideas, make hypotheses and find ways for prove them. At the end of each class, the group conclusions are confronted with formal knowledge. Making it possible to analyze discrepancies and concordances with the know theory. The methodology is based on the concepts of active learning, socio-interactionism and inquiry based learning. The main focus of the proposal is increase student interest, make him more receptive to new knowledges by problematization and discussion with colleagues and teacher. With this method, it is possible to transform student into an agent in his own process of learning, developing his skills and capabilities in a science education process.

Keywords: Physics education. Invesigation. Geometrical Optics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Foto da entrada principal do IFRN, Campus Pau dos Ferros	33
Figura 2	– Sala de aula do campus	34
Figura 3	– Modelo de cartão com círculos coloridos	36
Figura 4	– Alunos adotando procedimento experimental	36
Figura 5	– Desenho feito pelo grupo 5 durante a investigação	41
Figura 6	– Desenho feito pelo grupo 8 durante a investigação	41
Figura 7	– Montagem esquemática da demonstração	42
Figura 8	– Desenho do grupo 7 mostrando a trajetória do feixe de luz e destacando o observador que a perceberia	43
Figura 9	– Alunos realizando o experimento de reflexão da luz em espelho plano	44
Figura 10	– Equipe realizando experimento e registrando observações	45
Figura 11	– Tabela montada pelo grupo 1	46
Figura 12	– Tabela montada pelo grupo 3	46
Figura 13	– Fragmento de registro do grupo 2	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Aprendizagem Ativa
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
ZPD	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA SOCIEDADE	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	Aprendizagem Ativa	20
3.2	Sociointeracionismo	21
3.3	Ensino por Investigação	23
3.3.1	<i>Demonstrações Investigativas</i>	28
3.3.2	<i>Laboratório Aberto</i>	29
3.3.3	<i>Questões Abertas</i>	30
3.3.4	<i>Problemas Abertos</i>	30
4	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO E DESCRIÇÃO DO MÉTODO	32
5	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	36
5.1	Aula 01 - Cores (18/05/2016)	37
5.2	Aula 02 - Eclipse (01/06/2016)	41
5.3	Aula 03 - Reflexão da Luz em Espelhos Planos (08/06/2016)	45
5.4	Aula 04 - Associação de Espelhos Planos (14/06/2016)	48
6	AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA	52
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICE A – TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR	68

1 INTRODUÇÃO

Entre os professores de ciências dos últimos anos do ensino fundamental e do ensino médio, há um forte sentimento de insatisfação e frustração com a constatação do limitado sucesso da ação docente. Os alunos aparentam aprender cada vez menos e a demonstrar um crescente desinteresse pelos temas abordados em sala (POZO E CRESPO, 2009). O resultado é que muitos estudantes não conseguem desenvolver as habilidades necessárias para a aprendizagem de ciências. Por vezes, conseguem até realizar os procedimentos exigidos sem, porém, compreenderem de fato o que estão fazendo. Essas situações se tornam evidentes na resolução de problemas, nos quais os estudantes tendem a adotar procedimentos repetitivos no lugar de enfrentá-los como momentos de reflexão e tomada de decisões (CABALLER; ONÖRBE, 1997).

Sobre esse último ponto, pude vivenciar, ao longo de minha carreira docente, diversas situações nas quais os alunos não conseguiam sequer adquirir as habilidades mínimas para avançarem em seus estudos na área de física. Muitos eram incapazes de resolver uma simples equação, identificar as grandezas relevantes em uma questão ou mesmo a elaboração de um gráfico. Outros até desenvolviam essas habilidades, mas não tinham real compreensão do que estavam fazendo. Tratava-se de mero automatismo. Na verdade, eram incapazes de explicar seu raciocínio e, por consequência, aplicar o conhecimento em situações novas. Na minha experiência, essas situações se repetiram tanto na educação privada quanto na pública.

Pozo e Crespo (2009), citam algumas “atitudes e crenças inadequadas” observadas nos estudantes em relação à natureza da ciência e sua aprendizagem. Entre elas, destaca-se:

i. Aprender ciência consiste em repetir da melhor maneira possível aquilo que o professor explica durante a aula.

Há, entre os estudantes, uma preocupação maior com as notas a serem obtidas nos exames do que com o conteúdo que deve ser aprendido. Um bom resultado, ainda que se tenha compreendido pouco do assunto vale bem mais do que o inverso. Por isso, reproduzir informações se torna algo fundamental ao longo da vida escolar. Mesmo que não se encontre significado algum.

ii. Para aprender ciência é melhor não tentar encontrar suas próprias respostas, mas aceitar o que o professor e o livro didático dizem, porque isso está baseado no conhecimento científico.

A ciência aparenta, para muitos, ser absoluta. Não há nenhuma contribuição que possa ser feita, apenas aceitá-la de modo passivo. Perde-se aqui, a compreensão de que ela está em constante construção e reformulação. Um olhar, mesmo que superficial, sobre a história da física poderá nos revelar como o conhecimento cresceu e se modificou ao longo dos anos.

iii. O conhecimento científico é muito útil para trabalhar no laboratório, para pesquisar e para inventar coisas novas, mas não serve praticamente para nada na vida cotidiana.

Boa parte da prática escolar, no que diz respeito ao ensino de física, está centrada na solução de problemas. Estes, por sua vez, costumam ser de natureza quantitativa e excessivamente delimitadas, de pouco ou nenhum significado científico. Em uma abordagem sobre leis de Newton, por exemplo, é mais comum encontrar uma questão que solicite do aluno o módulo de uma força resultante que é aplicada sobre um corpo com massa e aceleração conhecidas do que outra que exija do estudante a compreensão das consequências das leis de Newton no cotidiano como, por exemplo: Por que um veículo menor (moto ou carro de passeio) costuma ter um prejuízo maior quando se choca com um caminhão?

Além disso, mesmo que a escola disponha de aulas de laboratório, estas costumam se resumir a meras demonstrações. Os estudantes têm pouca ou nenhuma liberdade, dada a rigidez que frequentemente temos nos roteiros de uma prática.

Esses dois pontos, em especial, contribuem muito para o esvaziamento de significado na aprendizagem de ciências, o que resulta em falta de motivação para o aluno.

iv. Os cientistas são pessoas muito inteligentes, mas um pouco estranhas, e vivem trancados em seus laboratórios.

Essa concepção distancia a ciência das pessoas e da vida cotidiana. Parece que a ela só pode ser feita e vivenciada por alguns “privilegiados” em um mundo paralelo ao nosso. Um outro aspecto preocupante é o entendimento de que a pesquisa científica é uma atividade individual.

As pesquisas em educação têm mostrado, cada vez mais, que quanto maior o envolvimento do estudante no processo educacional, maior também é sua aprendizagem. No entanto, se avaliarmos a realidade da maior parte das salas de aula, encontraremos o ensino tradicional baseado na passividade dos discentes.

Para muitos professores, as aulas expositivas situam-se em uma zona de conforto, na qual se tem um maior controle sobre o conteúdo bem como da quantidade de informação fornecida.

Em suma, na metodologia expositiva, observamos um predomínio da autoridade do docente e da passividade do estudante. Por meio de exposição verbal e exercícios de memorização e fixação, os conteúdos são ministrados e considerados como verdades inquestionáveis (MEC/CENAFOR, 1990). Esses conteúdos, de modo geral, possuem pouca ou nenhuma relação com a experiência de vida dos estudantes.

Vasconcellos (2005) identifica uma sequência de três passos na atual prática pedagógica tradicional:

1. Apresentação do conteúdo;
2. Resolução de um ou mais exercícios modelo;
3. Proposição de uma série de exercícios para os alunos resolverem.

É possível que, durante aulas que sigam esse modelo, o professor permita um momento para dúvidas ou questionamentos dos estudantes. No entanto, pela experiência, os próprios discentes reconhecem que esse procedimento não passa de mera formalidade, já que o professor não está efetivamente interessado nas dúvidas tampouco disposto para explicar novamente alguns pontos do conteúdo (VASCONCELLOS, 2005).

“O educando, portanto, não tem campo psicológico para se expressar, já que o que importa é a exposição do professor. São comuns frases do tipo: ‘Não gosto de ser interrompido enquanto estou falando!’ ‘O aluno perguntar, corta a ideia, o pensamento’; ‘preste atenção que eu explico uma vez só’. Quando o professor pede para que as perguntas sejam feitas depois da sua explicação, já sabemos o que ocorre: deixa-se para lá a dúvida que se tinha, pois, mais tarde, ficará até fora de contexto; poucos alunos são fiéis às suas dúvidas, e o professor parece não se incomodar muito com isto (na verdade acaba gostando, pois “ganha tempo” para cumprir o programa).” (VASCONCELLOS, 2005, p.22)

Há uma preocupação excessiva com o conteúdo a ser ministrado deixando a aprendizagem do aluno em segundo plano. Essa realidade está na contramão do que propõe o ministério da educação (MEC) nos parâmetros curriculares nacionais (PCNs). Para a área de Física, no Ensino Médio, o documento nos diz que:

“Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada. Ou seja, feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como o exercício de utilização do novo saber adquirido, em sua dimensão aplicada ou tecnológica..”
(BRASIL, 1999, p.230)

Não se propõe aqui a exclusão das aulas expositivas. É necessário reconhecer que, mesmo com suas limitações, essa metodologia apresentou resultados e, por isso, continua a ser utilizada em larga escala. No entanto, atrelar momentos de fala única do professor com investigações nas quais os alunos tenham participação direta pode ser um caminho interessante e viável para alcançarmos uma melhora no processo de ensino/aprendizagem.

Exatamente nessa linha de pensamento e como forma de mostrar uma alternativa, o presente trabalho se propõe a apresentar uma metodologia para o ensino de física no 2º ano do Ensino Médio, especificamente no que diz respeito aos princípios básicos da óptica geométrica, que tenha como essência o ensino por investigação. Esta dissertação descreve, desde os fundamentos teóricos dessa metodologia, até sua execução e resultados. Além disso, também disponibiliza um texto de apoio que visa orientar docentes no lançamento de uma metodologia investigativa em sala de aula. Os objetivos são: desenvolver uma metodologia investigativa que promova uma educação científica e fornecer orientações e roteiros de aula para a aplicação dessa metodologia investigativa.

A escolha do conteúdo das aulas (princípios básicos da óptica geométrica) se deu pelo fato de ser uma temática capaz de despertar interesse no aluno tanto por estar presente em muitas situações do cotidiano quanto pela possibilidade de trabalhar experimentos na própria sala de aula.

O texto está organizado de modo que, no Capítulo 2, tratamos da importância da educação científica na sociedade e do desenvolvimento de habilidades e competências a fim

de se alcançar a autonomia. No Capítulo 3, apresentamos o referencial teórico que deu base a este trabalho.

O Capítulo 4 descreve tanto local e contexto da aplicação quanto apresenta a metodologia em detalhes. O Capítulo 5 relata a aplicação da metodologia. A avaliação da proposta, feita pelos estudantes, constitui o Capítulo 6. Já as considerações finais constam no Capítulo 7.

O produto desta dissertação, com roteiros e orientações, está presente no Apêndice A.

2 EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA SOCIEDADE

O grande desenvolvimento científico e tecnológico, especialmente ocorrido nas últimas décadas, transformou o conhecimento nessas áreas em elemento vital para qualquer um que esteja inserido na sociedade. A tecnologia nos rodeia a todo momento, até mesmo como intermediária em nossas comunicações. Viver alheio à essa realidade pode levar o indivíduo ao isolamento e exclusão. É por isso que a educação científica tem se configurado em exigência urgente. Para muitos especialistas, trata-se de um elemento essencial para o desenvolvimento tanto das pessoas quanto dos povos, inclusive a curto prazo (GIL-PÉREZ e VILCHES, 2004). Granger (1994) cita que, por ser uma criação extraordinária do homem, a ciência pode lhe conferir poder e satisfação intelectual.

Chassot (2011) entende, como a maior responsabilidade no ensino de ciências, a transformação dos estudantes em seres mais críticos. É justamente a partir desse ponto, por meio dessa forma de se fazer a educação, que eles passarão a ser agentes de transformação na sociedade.

“Para que um país esteja em condições de satisfazer as necessidades fundamentadas da sua população, o ensino das ciências e a tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação científica e tecnológica, os estudantes deveriam aprender a resolver problemas concretos e a satisfazer as necessidades da sociedade, utilizando as suas competências e conhecimentos científicos e tecnológicos. (...) Hoje, mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os setores da sociedade, (...) a fim de melhorar a participação dos cidadãos na tomada de decisões relativas à aplicação dos novos conhecimentos” (CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA, 1999)

Segundo a UNESCO (1999), três grandes metas são fundamentais para a democratização da ciência:

a) Aumentar o número de pessoas diretamente beneficiadas pelos avanços científicos e tecnológicos. Além disso, é necessário priorizar a investigação científica nas regiões mais carentes.

b) Expandir o acesso à ciência: é necessário entendê-la como sendo um elemento central da cultura.

c) O controle social da ciência e da tecnologia e sua orientação. Essa condução deve socorrer de forma clara a partir de decisões morais e políticas da coletividade.

O conhecimento científico se apresenta como instrumento de crescimento e satisfação tanto pessoal quanto social. Trata-se do caminho para o exercício pleno da cidadania, por isso é tão importante que os docentes atuem nessa educação científica (CHASSOT, 2011). Para que alcancemos esse grau de desenvolvimento, nossa práxis não pode se resumir ao ensino de algoritmos. Não é aceitável que nos contentemos com um ensino de ciências aplicado à situações fora de contexto. Muito além da mera aplicação de fórmulas e cálculos sem significado, é necessário desenvolver metodologias de ensino que conduzam o estudante à resolução de problemas relacionados ao seu cotidiano.

Santos e Schnetzler (1998) afirmam que, para uma tomada de decisão, o cidadão necessita tanto de informação quanto de capacidade crítica para análise. Desse modo, é possível avaliar os caminhos possíveis e encontrar uma melhor relação entre custo e benefício. Esses problemas, que se apresentam no cotidiano, geralmente não são bem definidos e possuem uma infinidade de alternativas. Já na sala de aula, a realidade é bem distinta. Os problemas, além de definidos com clareza desde o início, já possuem uma solução esperada fazendo com que a avaliação se resuma no que está certo ou errado. Nota-se, aqui, uma grande diferença entre o tratamento de problemas acadêmicos e o tratamento de problemas reais.

É por isso que, ainda que um estudante em nosso país passe cerca de quatro anos no Ensino Fundamental e mais três anos no Ensino Médio tendo contato com disciplinas científicas, impressiona perceber que boa parte desses alunos sabe muito pouco sobre ciências (CHASSOT, 2011). Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o Ensino Médio abordam essa questão no seguinte trecho:

“conhecimentos e competências intelectuais que dêem acesso a significados verdadeiros sobre o mundo físico e social. Esses conhecimentos e competências é que dão sustentação à análise, à pesquisa e à solução de problemas, à capacidade de tomar decisões, à adaptabilidade a situações novas, à arte de dar sentido a um mundo em mutação” (BRASIL, 2000, p. 66-67).

É preciso desenvolver competências e habilidades para que os alunos alcancem autonomia a partir do conhecimento científico e tecnológico. Sobre a autonomia, Fourez (1997) define que o indivíduo a alcança no momento em que é capaz de tomar decisões razoáveis sem, no entanto, depender de fórmulas prontas, algoritmos ou a orientação direta de especialistas. Essa condição é indispensável para que se obtenha independência no pensar. Os PCNs entendem a autonomia como:

“condição indispensável para os juízos de valor e as escolhas inevitáveis à realização de um projeto próprio de vida, requer uma avaliação permanente, e mais realista possível, das capacidades próprias e dos recursos que o meio oferece (...) porque visa a formar pessoas solidárias e responsáveis por serem autônomas.” (BRASIL, 2000, p. 66).

Essa necessidade de uma educação científica traz consigo também a discussão de um currículo científico. Reid e Hodson (1993) destacam alguns aspectos fundamentais para o desenvolvimento de uma cultura científica. Entre elas, destaca-se:

1. Conhecimentos básicos de ciência, como fatos, conceitos e teorias;
2. Utilizar o conhecimento científico aplicado à situações reais e simuladas;
3. Familiarizar-se com os procedimentos científicos;
4. Aplicação do conhecimento na resolução de problemas, utilização de técnicas e investigações.

Os professores devem deixar de ser informadores. Nesta nova realidade, identificamos uma mudança significativa na postura do magistério. Os docentes devem ser, antes de tudo, formadores. Essa alfabetização científica deve ocorrer, prioritariamente, nos Ensinos Fundamental e Médio (CHASSOT, 2011).

Uma ideia que costuma ser aceita por profissionais em ensino de ciências é a de que a educação científica realizada atualmente tem sido direcionada para a formação de especialistas nas áreas de Física, Química e Biologia (GIL-PÉREZ e VILCHES, 2004). Esse direcionamento precisa ser reavaliado, tendo em vista que a educação científica é componente indispensável de uma educação geral para que todos alcancem uma legítima cidadania.

A orientação do ensino para uma “alfabetização científica” não pode ser vista como um empobrecimento dos conteúdos para torná-los mais acessíveis ao público em geral, mas como uma reorganização que busca alterar a imagem distorcida que a ciência possui como sendo algo distante, absoluto e intocável para a maioria. Essa nova formação é importante até mesmo para aqueles que se tornarão especialistas em alguma das áreas da ciência. Esse caminho busca desenvolver o raciocínio crítico, fundamental na tomada de decisões tanto para profissionais quanto para leigos em ciências.

Por isso, se faz tão necessária a aproximação do trabalho de ensino com o trabalho de investigação científica em sala de aula. Integrando aspectos procedimentais, conceituais e axiológicos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Com a finalidade de estruturar uma proposta didática que atenda aos desafios apresentados na introdução, lança-se mão das ideias relacionadas à aprendizagem ativa, ao sociointeracionismo e ao ensino por investigação.

3.1 Aprendizagem ativa

A principal característica da Aprendizagem Ativa (AA) é o aumento da participação do estudante no processo de aprendizagem. Trata-se de uma técnica indispensável para uma maior efetividade do ensino. Em muitos casos, como veremos ao longo deste texto, a AA pode ser aplicada sem grandes custos e com pequenas mudanças na prática docente. É de baixo risco e alto retorno.

Apesar de aparecer frequentemente na literatura de ensino superior, o termo “aprendizagem ativa” parece não ter uma origem muito clara e nem uma definição comum.

Bowell e Eison (1991) identificam dois questionamentos comuns que geram dúvidas nas instituições de ensino superior: “Nunca se pode aprender de forma passiva?” e “O termo ‘aprender’ automaticamente envolve algum tipo de atividade?”.

Sobre essas questões, Ryan e Martens (1989) afirmam que os alunos aprendem tanto de forma passiva quanto ativa. Para que a aprendizagem passiva ocorra, os alunos devem assumir o papel de "recipientes de conhecimento"; ou seja, sem participar diretamente do processo de aprendizagem. Já a aprendizagem ativa ocorre, normalmente, quando os alunos estão fazendo algo além de ouvir.

O engajamento dos alunos pode ser ampliado pelo docente que lança mão da aprendizagem ativa por meio de situações-problema, questionamentos, apresentações, debates, dramatizações, atividades escritas seguidas do compartilhamento dos textos em pequenos grupos, etc.

Bonwell e Eison (1991) destacam que a aprendizagem ativa é um termo que não é precisamente definido na literatura, apenas algumas características gerais que costumeiramente são associadas com o uso de estratégias para se promover a aprendizagem:

- Estudantes estão envolvidos nas atividades. Não apenas ouvem as lições;
- Menor ênfase em transmissão da informação e mais destaque ao desenvolvimento das atividades dos estudantes;

- Estudantes são exigidos em uma ordem mais alta de raciocínio: análise, síntese e avaliação;
- Estudantes engajam-se nas atividades;
- Grande ênfase à exploração e investigação dos estudantes.

Como é possível identificar que uma aprendizagem ativa ocorreu em uma sala de aula padrão?

Na Aprendizagem Ativa, identificamos uma das ferramentas de maior eficácia na dinâmica de ensino e aprendizagem: o ensino por investigação.

Especificamente sobre a aprendizagem de ciências, memorizar conceitos e algoritmos não são indicativos de um ensino eficaz. É necessário compreender, sobretudo, como o conhecimento científico é construído. Por isso, aprender as etapas do método científico é mais importante do que necessariamente aprender significados científicos corretos (MOREIRA; OSTERMANN, 1993). Entretanto, de um modo geral, os livros abordam o método científico como uma sequência de passos rígidos, que pressupõe uma concepção absoluta e precisa do trabalho científico. Isso não corresponde à realidade. É necessário perceber que o conhecimento científico não é definitivo, passando por constantes reformulações do conhecimento prévio.

Na metodologia apresentada neste texto, a Aprendizagem Ativa orienta as ações no sentido de envolver os alunos em atividades investigativas que exigem ações por parte deles. Eles têm liberdade na busca por soluções para situações-problema apresentadas. Além disso, é dado grande destaque ao desenvolvimento da investigação.

3.2 Sociointeracionismo

Na realidade de sala de aula, não é possível tratarmos da importância das trocas entre os personagens desse espaço, alunos e professores, sem nos remetermos à teoria sociocultural do psiquismo humano de Lev Vygotsky, conhecida também como abordagem sociointeracionista. É fundamental que a prática docente, dentro de nosso contexto histórico e social, crie caminhos para que os estudantes alcancem a cidadania citada no capítulo anterior. Que lhes seja possível pensar e atuar por si próprios. Que tenham pensamento crítico, capaz de compreender e examinar as ideias apresentadas ao longo do caminho bem como a realidade social na qual estão envolvidos.

“A teoria do desenvolvimento vygotskyana parte da concepção de que todo organismo é ativo e estabelece contínua interação entre as condições sociais, que são mutáveis, e a base biológica do comportamento humano. Ele observou que o ponto de partida são as estruturas orgânicas elementares, determinadas pela maturação. A partir delas formam-se novas e cada vez mais complexas funções mentais, dependendo da natureza das experiências sociais da criança. Nesta perspectiva, o processo de desenvolvimento segue duas linhas diferentes em sua origem: um processo elementar, de base biológica, e um processo superior de origem sociocultural.” (LUCCI, 2006, p.7)

As funções psicológicas elementares são caracterizadas por reações imediatas, ações involuntárias e sofrem controle do ambiente externo. Possuem origem biológica e encontram-se presentes tanto em crianças quanto em animais.

Já as funções psicológicas superiores são exclusivas do homem e de origem social. São caracterizadas pela intencionalidade das ações. Definem-se pelo resultado de uma interação entre as funções psicológicas elementares e os fatores culturais. Ou seja, essas funções psíquicas possuem gênese sociocultural pelo fato de representarem o produto da interação do indivíduo com a realidade na qual está inserido.

No pensamento de Vygotsky, um ponto chave para o desenvolvimento mental é a interiorização das funções psicológicas. Quando falamos nessa interiorização, não estamos entendendo o termo como uma simples transferência de uma ação externa para um plano interno do indivíduo. Na verdade, trata-se do processo formador desse interno. Esse processo não possui uma única via, nem é universal e tampouco independe do desenvolvimento cultural. “O que nós interiorizamos são os modos históricos e culturalmente organizados de operar com as informações do meio” (LUCCI, 2006, p.8).

No pensamento sociointeracionista, a “unidade de análise não é nem o indivíduo nem o contexto, mas a interação entre eles” (MOREIRA, 1999, p.112).

Para que essa interação ocorra, é necessária a existência de um mediador. É justamente por meio da mediação que o indivíduo consegue se relacionar com o ambiente, pois, na condição de sujeito do conhecimento, possui acesso, somente, a sistemas de símbolos representantes da realidade (REGO, 1998). Através dos signos (tudo o que é socialmente construído e compartilhado), da palavra e dos instrumentos, é possível estabelecer um contato com a cultura.

No conjunto de signos, a linguagem é o que mais se destaca por ser capaz de possibilitar que o aprendiz se afaste do objeto concreto de estudo. A partir do momento em

que se interioriza a linguagem, tem-se acesso a esse signo que se transforma em base para significar experiências que, por sua vez, mediarão o modo como o indivíduo irá pensar, agir e sentir.

Para Vygotsky, existem dois níveis de desenvolvimento. O primeiro se refere ao que o indivíduo consegue realizar sozinho. Já o segundo é representado pelas capacidades em construção, tudo o que o indivíduo pode realizar com o auxílio de alguém que tenha maior conhecimento na área de estudo. Há uma zona de transição entre esses dois níveis, justamente onde o ensino deve agir: a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD). É a região a ser explorada com a finalidade de amadurecer ou sedimentar as capacidades em construção.

“Ela (ZPD) é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou colaboração com companheiros mais capazes.”
(VYGOTSKY, 1991, p.112)

Um dos aspectos mais significativos deste trabalho consiste, basicamente, na interação entre estudantes a partir de investigações em grupo. Além da linguagem, lançaremos mão de instrumentos para estabelecer a mediação entre os indivíduos e o objeto de estudo, tais como: espelhos, papel celofane, lanterna, etc.

3.3 Ensino por investigação

Quando falamos em ensino por investigação, estamos tratando de uma modalidade de ensino que desafia o estudante a solucionar problemas. Para tanto, ele deverá utilizar todas as habilidades que possuir à disposição para encontrar uma resposta e, se possível, comprová-la. Esse tipo de atividade, que aproxima o aluno do trabalho científico, proporciona não só uma melhor aprendizagem de ciências, como também um maior desenvolvimento dos conhecimentos conceituais (Hodson, 1992). Essas investigações podem ocorrer tanto por meio de uma prática laboratorial quanto por problemas de lápis e papel. Todo o trabalho deve girar em torno da solução de um problema. Por isso, é importante definirmos, neste ponto, nosso conceito de “problema”.

No ensino de física tradicional, “problemas” se resumem aos exercícios dos livros didáticos. Eles costumam ser direcionados para a aplicação das equações a fim de que se obtenham resultados precisos em um processo demasiadamente repetitivo. Gil e Torregrosa

(1987) consideram que esse tipo de abordagem tende ao operativismo e não à uma investigação na qual se aplique a metodologia científica. O que vemos nos livros também se reflete na prática docente, especialmente em disciplinas como física e matemática. Tanto na rede pública quanto na rede privada de ensino, uma parte considerável da carga horária de aulas é, frequentemente, direcionada à solução de exercícios dessa natureza. Apesar da larga utilização desse método, há uma série de pesquisadores que alertam para o fracasso dessa abordagem, haja vista o desempenho baixo dos estudantes (Pozo e Crespo 1998; Peduzzi 1997; Escudero 1995).

Isso se justifica porque, aparentemente, os estudantes não aprendem sobre como resolver problemas, mas memorizam soluções de acordo com o que lhes é apresentado em sala. Esse automatismo não habilita os alunos para a resolução de casos fora dos modelos já vistos, o que torna a aprendizagem não apenas pouco efetiva como também de pouco significado.

Por isso, definiremos problema como sendo uma situação, quantitativa ou qualitativa, que, quando se busca resolvê-la, não se é conduzido à solução de forma automática ou imediata. A reflexão e a tomada de decisões são necessárias e culminará em uma sequência de passos ou etapas a serem seguidas (PEDUZZI, 1997). Vale ressaltar que esses passos ou etapas são determinadas pelos próprios estudantes, não se trata de um caminho conhecido ou previamente estabelecido pelo professor.

Neste ponto, deparamo-nos com uma limitação da definição. Peduzzi (1997), destaca que a diferenciação entre problema e exercício é bastante sutil e depende tanto da experiência do indivíduo como da própria tarefa a ser realizada. Ou seja: para uma pessoa, a situação pode representar um autêntico problema mas, para outra, pode se resumir a um simples exercício já trabalhado em outro momento.

Além disso, no ensino tradicional, costuma-se fazer uma nítida separação entre a teoria, as aulas práticas (quando ocorrem) e a resolução de problemas. Essa fragmentação termina por oferecer ao aluno uma visão distorcida do que é a ciência e, principalmente, de como ela é feita e se desenvolve. No cotidiano de um pesquisador não há esse tipo de separação. Na verdade, sequer é possível distinguir uma atividade da outra, tamanho é o grau de integração e interdependência entre elas. É exatamente essa realidade que devemos buscar em uma metodologia para o ensino de ciências.

Por isso, Carvalho et al. (1995) destacam a necessidade de atividades variadas, sempre acompanhadas de situações-problema, que tragam o questionamento e promovam o diálogo. Moreira (1983) afirma que os momentos de resolução de problemas que conduzam a

uma investigação precisam estar centrados na ação do aluno. Para tanto, os estudantes devem ser conduzidos para um trabalho prático. Segundo Blosser (1988), um trabalho investigativo deve provocar uma mudança de atitude tanto no professor quanto no aluno.

Azevedo (2006) define que, para considerarmos uma atividade como sendo de investigação, não bastam apenas os trabalhos de manipulação e observação por parte do estudante: é necessário que contenha características de um trabalho científico. Além dos trabalhos citados, é fundamental que o aluno reflita, discuta, explique e relate ao longo da atividade. Isso dará à prática as características de uma investigação científica.

É justamente por isso que o ensino por investigação gira sempre em torno de um problema: É ele que fundamentará a pesquisa dos estudantes trazendo significado e motivação. Lewin e Lomáscolo (1998) afirmam que esse processo de buscar a solução de um problema a partir da formulação de uma hipótese e seguindo para a experiência e análise de resultados é capaz de facilitar muito a motivação e fazer com que o aluno adquira atitudes como: curiosidade, desejo de experimentar, duvidar de certas afirmações, confrontar resultados e obtenção de mudanças (conceituais, metodológicas e atitudinais). Gil e Castro (1996) indicam alguns pontos importantes para que se tenha uma orientação investigativa das práticas experimentais, entre eles, destacam-se:

1. Apresentar situações-problema abertas com um nível adequado de dificuldade.
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas. É necessário que se dê sentido ao objeto de estudo para evitar que a aprendizagem ocorra de forma descontextualizada.
3. Potencializar análises qualitativas significativas, que auxiliem na compreensão e na delimitação das situações em estudo. A finalidade é abandonar o operativismo cego, pois o aluno necessita ter consciência dos passos que está adotando, especialmente quando precisa alcançar uma formulação matemática para o problema investigado.
4. Fazer da elaboração de hipóteses o centro da investigação científica além de insistir na necessidade de se fundamentar essas hipóteses.
5. Dar a devida atenção para o planejamento e o desenvolvimento do projeto executados pelos alunos.
6. Considerar o exame dos resultados (interpretação física, confiabilidade, etc.), levando em consideração o corpo de conhecimentos disponível, as hipóteses levantadas e os resultados obtidos pelas outras equipes.

Face aos resultados, deve-se favorecer as revisões tanto do plano investigativo quanto das hipóteses sempre quando necessário. Também é fundamental ter atenção aos

conflitos que normalmente ocorrem entre os resultados do experimento e as concepções iniciais dos estudantes, é justamente nesse choque que teremos mudanças conceituais no pensamento dos alunos.

7. Conceder especial importância à elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam servir de base para ressaltar o papel da comunicação e o debate na atividade científica. Isso pode ser feito solicitando um pequeno relatório da atividade experimental indicando as concepções iniciais, plano de trabalho e resultados.

8. Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico organizando equipes de trabalho e facilitando a interação tanto entre os grupos quanto entre seus próprios componentes. Desse modo, é possível construir um corpo de conhecimentos com a orientação do professor.

Cabe destacar que resultados individuais ou de uma única equipe não são suficientes para corroborar ou negar uma hipótese e que o conjunto de conhecimentos é resultante da cristalização do trabalho realizado pela comunidade científica e expressão do consenso alcançado em um dado momento.

Para que se possa explorar ao máximo o potencial de uma atividade investigativa, é de fundamental importância que essa ação gire em torno de um problema. É ele que fundamentará e tornará a atividade significativa para o aluno (CARVALHO ET AL., 1995). Uma investigação eficaz deve levar à formulação de hipóteses, discussão de ideias divergentes, planejamento e execução de experimentos além da análise de resultados, esses elementos atuam fortemente tanto na motivação do aluno quanto no seu próprio desenvolvimento conceitual, metodológico e atitudinal (LEWIN; LOMÁSCLO, 1998).

Além desses aspectos, há um outro fator essencial para a aprendizagem: a interação do aluno com o ambiente escolar e demais colegas. Uma atividade investigativa requer debate e compartilhamento de experiências, o que nos remete a uma interação dialética na qual o indivíduo se apropria do conhecimento a partir de sua comunicação com os outros estudantes (LIBÂNEO, 2004, VYGOTSKY, 2007).

Segundo Azevedo (2006), a grande finalidade do ensino por investigação é fazer com que o estudante pense, debata, justifique suas ideias e aplique seus conhecimentos teóricos e matemáticos em situações novas. Blosser (1988) cita cinco grupos de objetivos possíveis de serem alcançados por meio da utilização do laboratório em aulas de ciências e que podem ser muito bem adaptados para os propósitos de uma atividade investigativa:

- a) habilidades - de manipular, questionar, investigar, organizar e comunicar;
- b) conceitos - como hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;

c) habilidades cognitivas - pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, análise, síntese;

d) compreensão da natureza da ciência - empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre as várias disciplinas científicas;

e) atitudes - como curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, confiança, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.

Um dos aspectos mais significativos dessa metodologia é a mudança de atitude que ela gera tanto no estudante quanto na prática docente. O estudante precisa abandonar a postura passiva de um mero observador de aulas expositivas pois deve participar do trabalho investigativo desenvolvendo habilidades como argumentação, interpretação e análise. O professor, além de lançar o problema inicial, deve acompanhar as discussões dos grupos, questionar e auxiliar os alunos para que mantenham a coerência em suas ideias, a fim de não perderem o foco. Campos (1999) considera relevante que o docente não apenas estimule, como também valorize os questionamentos dos alunos. Sobre essa postura do professor, Campos (1999) destaca as instruções abaixo para que o docente atue como orientador na atividade investigativa:

1. Estimular os alunos a fim de que elaborem hipóteses para explicar o problema apresentado;
2. Auxiliar no processo de formulação de hipóteses e nas práticas experimentais que as comprovem (se puderem ser realizadas);
3. Tornar possível a comprovação experimental das hipóteses elaboradas pelos estudantes;
4. Colaborar nos debates, tendo atenção para que os estudantes não percam o foco dos objetivos das atividades;
5. Desenvolver atividades nas quais os estudantes tenham clareza na definição, no propósito e nas relações com o que já foi trabalhado.

Seguindo a classificação proposta por Azevedo (2006), vamos descrever quatro atividades investigativas para a sala de aula que serviram de referência para a elaboração do produto deste trabalho: Demonstrações investigativas, laboratório aberto, questões abertas e problemas abertos.

3.3.1 Demonstrações investigativas

Podemos classificar como demonstração experimental investigativa qualquer demonstração que tenha, como ponto de partida, a apresentação de um problema ou fenômeno que conduza à uma investigação.

Ainda são poucos os alunos de ensino médio que têm contato rotineiro com práticas experimentais. Quando isso ocorre, é comum que o experimento sirva apenas para ilustrar uma teoria já estudada ou que se esteja trabalhando no momento. Pickering (1980) considera esse tipo de caso como sendo concepção errônea das práticas laboratoriais, mesmo no ensino superior, pois a maior parte das teorias científicas estão fundamentadas em numerosos e sofisticados experimentos o que torna inviável o propósito de ilustração em curto tempo proposto. Mesmo que se considere as limitações de uma simples prática experimental, é possível ampliar sua contribuição fazendo uma investigação sobre os fenômenos relacionados ao experimento.

Por exemplo, na eletrostática, ao apresentarmos o gerador de Van der Graaff a uma turma e lançarmos a questão “o que acontece com os cabelos de uma pessoa que coloca suas mãos sobre a esfera metálica do gerador?” é possível, por ser um experimento muito famosos, que alguns alunos respondam prontamente que os fios de cabelo ficarão “arrepiaados”. Apesar de conhecerem o resultado final, é provável que nenhum deles tenha conhecimento da explicação científica para o fenômeno, o que limita o entendimento e a associação com outras situações semelhantes como: a atração de pêlos do corpo por aparelhos de televisão ou objetos que passaram por algum atrito, os pelos eriçados após uma brincadeira em um escorregador ou, até mesmo, os cabelos “rebeldes” quando se acorda pela manhã.

Diante desse quadro, é necessário que o professor construa com seus alunos um caminho entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico. Isso pode ocorrer através da investigação e do questionamento sobre o fenômeno observado.

A partir do problema apresentado ou gerado na discussão, parte-se para a formulação de hipóteses, na busca de uma explicação científica para a questão. Os estudantes devem utilizar toda a sua experiência na construção da resposta e de conceitos no debate.

Passadas discussões e reflexões, o docente deve, a partir das respostas dos alunos, sistematizar as explicações e confrontá-las com a teoria já estabelecida. A grande preocupação, neste momento, deve ser com a descrição científica do caso e desenvolver a representação matemática do fenômeno se necessário.

Lewin e Lomáscolo (1998) consideram atividades dessa natureza como investigativas pois conduzem o aluno a participar do processo de formulação de hipóteses e análise de resultados sobre um problema apresentado pelo professor. Para o ensino de física, aulas com esse tipo de demonstração podem trazer uma série de contribuições como destaca Azevedo (2006): perceber as concepções espontâneas dos alunos, valorizar a investigação em sala de aula, aproximar a prática de uma investigação científica, aumentar tanto a participação quanto a interação do aluno, valorizar a interação do estudante com o fenômeno estudado, valorizar a aprendizagem de atitudes e possibilitar a criação de conflitos cognitivos.

Um exemplo dessa modalidade está presente em um roteiro sobre reflexão da luz (Anexo A) no qual três observadores estão dispostos diante de um espelho plano sendo um deles portador de uma fonte de luz (lanterna). Os estudantes devem, em seus grupos, prever qual ou quais observadores perceberão a luz refletida pelo espelho. Ao final da aula, o experimento é realizado e discutimos as respostas das equipes.

3.3.2 Laboratório aberto

Nesta modalidade, os estudantes devem responder a uma questão a partir de um experimento. Para tanto, é necessário que o problema proposto não seja muito específico e estimule a curiosidade científica. O objetivo principal será responder à essa pergunta. Exemplos de pergunta, em física térmica, seriam: “O que acontece com as moléculas de água enquanto ela é aquecida?”, “Como podemos transferir calor de um corpo para outro?”, “Por que, preferencialmente, posicionamos aparelhos de ar condicionado próximos ao teto?”, “Por que o Sol facilita a secagem de roupas?”.

Após a proposta do problema, os alunos devem buscar uma resposta a partir da formulação de hipóteses. Após esse trabalho de elaboração, os estudantes devem criar um plano de trabalho e utilizar os materiais que possuírem à disposição para construir um experimento que comprove suas concepções iniciais. Após a montagem do experimento, os alunos devem analisar os dados da forma mais adequada para a atividade: equações, gráficos, tabelas, descrições, etc. É de suma importância que o professor mostre que essa análise é essencial em um trabalho científico.

Por fim, os estudantes devem formalizar suas respostas fazendo uma discussão acerca da validade ou negação das hipóteses iniciais bem como sobre as consequências derivadas delas.

Como exemplo, em uma de nossas aulas (anexo A) os estudantes recebem dois espelhos planos e um transferidor e, com outros materiais que tenham à disposição, devem descobrir o maior número de imagens que pode ser formado com a associação desses dois espelhos.

3.3.3 Questões abertas

Tratam-se de problemas que abordam fatos que fazem parte do cotidiano dos estudantes. Além disso, a explicação deve estar relacionada a conceitos discutidos e construídos em atividades anteriores.

Podemos citar como exemplos, em eletromagnetismo: “Por que observamos fenômenos de atração e repulsão em ímãs?”, “Como podemos produzir uma corrente elétrica tendo, em mãos, apenas um fio metálico e um ímã?”, “Como um detector de metais identifica uma arma de fogo escondida?”.

Questões abertas podem ser respondidas tanto em pequenos grupos quanto individualmente. É muito importante que se faça um registro por escrito da resposta, independente da metodologia de avaliação e objetivos da atividade. É possível apenas recolher e corrigir as respostas como também abrir uma discussão em sala a partir das soluções apresentadas pelos estudantes. Neste último caso, o docente deve sistematizar as respostas destacando os pontos que mais se aproximaram de uma resposta correta do ponto de vista científico.

3.3.4 Problemas abertos

Tratam-se de situações mais gerais, nas quais seja necessário estabelecer as condições de contorno bem como as possíveis soluções. A atividade investigativa deve conduzir à matematização dos resultados.

Azevedo (2006) destaca que, além de ser interessante ao estudante, a pergunta proposta deve envolver, preferencialmente, a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. De início, os alunos terão que realizar uma análise quantitativa do caso na formulação de hipóteses, delimitação das condições de contorno e análise dos limites de validade da hipótese. Passada essa fase, é interessante que os estudantes consigam resolver problemas numéricos relacionados à pergunta inicial.

Um exemplo seria “quando misturamos etanol e gasolina em um carro flex, há alteração no rendimento do combustível?”.

A partir dessa questão, os estudantes irão debater analisando o que poderia influenciar no resultado: quais são os rendimentos do etanol e da gasolina separadamente? Quando misturamos, temos um rendimento intermediário? Como a proporção de cada combustível influencia no resultado final? Ao docente, cabe o papel de coordenador do debate sem, obviamente, apresentar a solução para o problema.

Ao fim dessa etapa qualitativa, deve-se utilizar as informações obtidas nos debates para uma resolução algébrica. Os próprios alunos podem atribuir os valores numéricos das grandezas relevantes (determinadas pelas condições de contorno) e tentar chegar a uma estimativa.

Da mesma forma como com as questões abertas, faz-se necessário um registro escrito tanto para acompanhar o desempenho dos estudantes quanto para que os alunos se apropriem do conhecimento construído ao longo da atividade.

4 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO E DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Ainda que nem todos os estudantes resolvam trilhar o caminho da pesquisa científica como vocação profissional, é fundamental que todos desenvolvam uma atitude científica. Isso independe das profissões ou especialidades nas quais atuem.

É importante diferenciarmos a atitude científica do simples conhecimento do que significa o método científico. Este é, costumeiramente, abordado em salas de aula de nível médio. Não raras vezes, de forma superficial com uma simples leitura ou exposição do professor. Já a atitude científica se desenvolve a partir de experiências vividas pelo estudante, dos problemas que confronta durante sua vida acadêmica. Desse modo, depende, diretamente, da metodologia de ensino-aprendizagem proposta pelos docentes.

Diante desse cenário, cabe questionarmos se a atual metodologia oferece oportunidades para que os estudantes tanto se motivem quanto desenvolvam qualidades essenciais para uma atitude científica, tais como: curiosidade, objetividade e análise crítica dos dados. Nesta perspectiva, Bordenave e Pereira (2012) lançam os seguintes questionamentos:

“Até que ponto os atuais professores estimulam o desejo de resolver problemas mediante a observação da realidade, sua problematização, a geração de hipóteses originais sobre as causas dos fenômenos, a procura de caminhos alternativos de solução, a busca de novos métodos de pesquisa? Até que ponto eles colocam em questão as teorias novas que expliquem melhor as lacunas hoje existentes? (BORDENAVE E PEREIRA, 2012, p.221)

Uma proposta viável e com bons resultados é a do ensino por investigação. Ao longo de vários anos, tanto o trabalho de pesquisa quanto a experiência com essa abordagem têm mostrado resultados de extrema relevância. Nela, os alunos são inseridos em uma investigação que se assemelha, em alguns aspectos elementares, a de um pesquisador.

Os estudantes passam a ser agentes no processo de ensino/aprendizagem, envolvendo-se muito mais com os conteúdos. Essa condição exige também uma nova postura do docente, que passa a ter mais o trabalho de propor os problemas e orientar os trabalhos de pesquisa e formulação de hipóteses.

O produto educacional desta dissertação consiste em uma sequência de roteiros e planos de aula que orientam o docente para a aplicação de uma metodologia investigativa com

os estudantes em sala. O desenvolvimento do material teve como pilares: a aprendizagem ativa, o sócio-interacionismo e o ensino por investigação.

O objetivo geral da proposta didática é inserir os estudantes em atividades investigativas a fim de que desenvolvam uma atitude científica.

Seguindo as orientações desses roteiros, é possível fazer com que os estudantes passem a ser agentes no processo de ensino/aprendizagem envolvendo-se muito mais com os conteúdos. Essa condição exige uma nova postura do docente, que passa a ter, prioritariamente, o trabalho de propor os problemas e orientar os trabalhos de pesquisa e formulação de hipóteses.

Por isso, o produto educacional disponibiliza roteiros e orientações para o desenvolvimento de atividades investigativas em sala de aula no ensino de física. Alguns dos temas elementares da óptica geométrica são abordados, trazendo todas as orientações necessárias para a aplicação dessa proposta.

O material está dividido em oito capítulos, cada um deles correspondendo a um assunto:

- Capítulo 01: Classificação dos Meios Materiais e da Luz;
- Capítulo 02: Sombra e Propagação Retilínea da Luz;
- Capítulo 03: Formação de Imagens em Câmara Escura;
- Capítulo 04: Câmara Escura: Relação Matemática;
- Capítulo 05: Cores;
- Capítulo 06: Eclipse;
- Capítulo 07: Reflexão da Luz em Espelhos Planos;
- Capítulo 08: Associação de Espelhos Planos;

Todos os capítulos possuem a mesma sequência em seu texto. Após o título, são apresentados os objetivos da aula a serem atingidos pelos alunos bem como a modalidade de atividade investigativa: laboratório aberto, demonstração investigativa, problema aberto ou questão aberta (definidas no capítulo 3). Em seguida, são elencados os materiais necessários para a aula seguidos de uma breve introdução do que será realizado em sala. Logo, o texto segue para a descrição do procedimento que será adotado com a pergunta que norteará as investigações dos alunos e orientações sobre a ação do docente. Após essas informações, há uma seção com a fundamentação básica contendo comentários técnicos acerca do assunto que podem ser explorados ao longo da aula. Por fim, o capítulo traz um plano de aula, esquematizando toda a atividade investigativa proposta.

Para todos os roteiros de aula propostos, iremos adotar sempre a mesma sequência de passos para a sua implementação que serão descritas a seguir.

Inicialmente, a sala deve ser organizada em grupos de, no máximo, seis integrantes cada. Por uma questão de praticidade, o ideal é orientar os alunos para que se unam aos colegas mais próximos. Além de reduzir o tempo com os deslocamentos de estudantes para as equipes, é provável que o grau de afinidade entre os membros do grupo seja maior por já terem o costume de estarem próximos nas aulas convencionais. Essa característica é fundamental para o andamento das discussões pois os discentes não ficam tão temerosos em expor suas ideias. Há que se ter atenção para o caso de alunos que, quando estão juntos, se dispersam com brincadeiras e conversas paralelas. Para não comprometer a atividade, devem ser separados. Outro ponto importante diz respeito à distribuição dos grupos na sala. Deve-se deixar o maior espaçamento possível entre eles pois a investigação requer debate contínuo.

Feita a disposição das equipes, um membro deve ser escolhido para fazer o registro da investigação. Deve-se orientar para que esse aluno seja o mais detalhista possível, tomando nota de todas as ideias lançadas na discussão bem como dos procedimentos adotados para se chegar à resposta e conclusões. Uma folha de papel ofício A4 deverá ser entregue para esse relatório que deverá contar, também, com os nomes dos componentes.

O próximo passo é a apresentação de um problema através de um questionamento ou previsão de um experimento em sala. Fundamentalmente, essa pergunta/previsão precisa gerar o debate e despertar a curiosidade. Para tanto, não deve ser muito específica justamente para promover a multiplicidade de ideias e conclusões. Antes do recebimento de qualquer material além da folha A4 para registros, os grupos precisam formular uma ou mais hipóteses a respeito do problema.

Depois que as equipes chegam às respostas iniciais. Deve-se entregar o material para investigação, realizar-se um experimento demonstrativo ou discutir-se as respostas. A sequência dependerá da modalidade de investigação adotada. No caso de entrega de material para investigação, a principal característica dele deve ser a de não exigir um algoritmo: os grupos precisam desenvolver uma forma de comprovar ou refutar suas hipóteses elaborando seu próprio plano de trabalho. No caso de um experimento demonstrativo realizado pelo professor, os grupos precisam identificar evidências que comprovem ou refutem suas hipóteses.

Enquanto as equipes discutem e desenvolvem seus procedimentos investigativos, é de suma importância que o professor circule pela sala, de modo a acompanhar as atividades

e orientar os grupos com dificuldades. Essa orientação não consiste em fornecer respostas tampouco em conduzir a prática dos estudantes. O ideal é que, por meio de perguntas, o docente leve os alunos a refletir e encontrar caminhos.

Feitos os registros, um membro de cada grupo deve ser escolhido, de preferência aquele que fez as anotações, para expor à sala um resumo do que foi desenvolvido pela equipe destacando as principais conclusões. O professor deve estar atento à fala dos alunos para perceber as ideias semelhantes e diferentes entre os grupos.

A partir dessas ideias, o docente faz uma breve abordagem expositiva do conteúdo, apontando convergências e divergências entre as conclusões da turma. Dessa forma, o professor estabelece um confronto entre o conhecimento formal e os resultados obtidos da prática.

Podemos resumir esse método investigativo em sete passos fundamentais:

- a) Organizar a sala em grupos;
- b) Lançar uma questão para os alunos;
- c) Promover um debate nos grupos (formulação de hipóteses)
- d) Entregar material para prática ou realizar experimento demonstrativo (caso a atividade seja uma questão aberta ou problema aberto, exclui-se o item d da sequência);
- e) Solicitar conclusões dos alunos;
- f) Debater, com a sala toda, os resultados obtidos;
- g) Confrontar esses resultados com a teoria

É importante destacar que os procedimentos aqui descritos não têm o propósito de estipular uma regra rígida mas apenas apresentar passos que sirvam de referência para que o professor estruture sua própria metodologia. Até porque, em sala de aula, encontramos uma infinidade de realidades diferentes até dentro de uma mesma escola. Não há fórmula que se aplique em todos os ambientes. Por isso, o docente, com sua experiência e conhecimento da turma, deve elaborar o plano de investigação adequado para a sua realidade.

Entretanto, alguns pontos são essenciais para o sucesso de uma abordagem investigativa. O primeiro ponto importante é a organização da sala em grupos para debate e investigação. O segundo é a pergunta que norteará a discussão. Se o professor considerar conveniente, pode elaborar mais de uma pergunta. O único cuidado aqui é o de adequar os questionamentos ao período da aula a fim de que os alunos tenham tempo hábil para realizar a investigação. O terceiro e último ponto é o compartilhamento de ideias entre alunos e professor.

5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Neste capítulo, faremos o relato de todas as atividades desenvolvidas em sala utilizando a proposta metodológica descrita.

A metodologia proposta foi aplicada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no campus de Pau dos Ferros, principal município do Alto Oeste Potiguar. A instituição atende alunos de diferentes níveis socioeconômicos e de diferentes localidades da microrregião de Pau dos Ferros.

O trabalho foi desenvolvido em uma turma de “Física II” do 2º ano do curso técnico de nível médio em informática na forma integrada com 38 alunos, com idades entre 15 e 17 anos. Todas as aulas a serem relatadas neste texto tiveram duração de 1h40min e foram ministradas entre 18/05/2016 e 14/06/2016.

O campus possui excelente estrutura física (Figura 1). Todas as salas de aula são climatizadas e possuem computador com acesso à internet, projetor multimídia e tela de projeção (Figura 2).

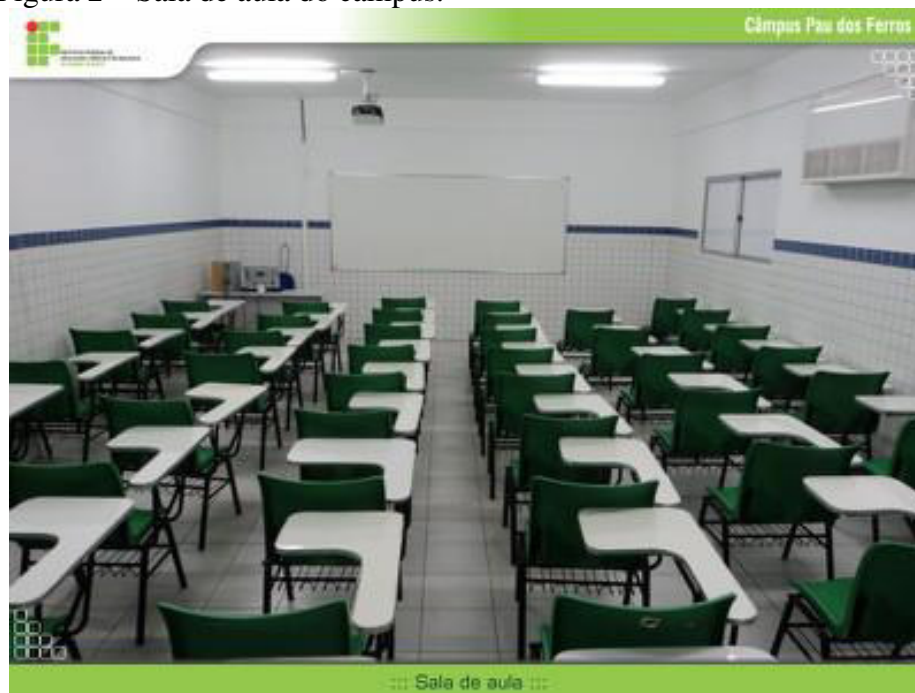
Figura 1 – Foto da entrada principal do IFRN, Campus Pau dos Ferros.



Fonte: IFRN.¹

¹ Disponível em: < <http://portal.ifrn.edu.br/campus/paudosferros/noticias/ifrn-tem-7-entre-as-20-melhores-escolas-do-rn-no-enem-2014>>. Acesso em dez. 2016

Figura 2 – Sala de aula do campus.



Fonte: IFRN.²

5.1 Aula 01 - Cores (18/05/2016)

A aula foi estruturada de modo a ser um laboratório aberto, com dois objetivos: identificar os fatores que interferem na percepção de cores de um objeto e compreender os processos de reflexão seletiva e refração seletiva da luz. O roteiro e o plano de aula estão disponíveis no Apêndice A.

Inicialmente, os 37 alunos presentes neste dia foram divididos em sete equipes. Duas delas com 6 membros e as demais com 5 membros. O critério para divisão das equipes foi o de proximidade espacial. Ao circular pela sala, determinei quais alunos iriam compor cada uma das equipes. Isso facilitou tanto a montagem dos grupos quanto a disposição deles pela sala. Era importante que houvesse um espaço mínimo entre eles, para que as discussões de um grupo não interferissem tanto em outro, o que se configura em uma tarefa muito difícil para ser realizada em uma sala de aula convencional.

Solicitei aos alunos que escolhessem uma pessoa em cada grupo para registrar as discussões que seriam feitas por eles. Neste dia, orientei que utilizassem uma folha de caderno

² Disponível em: < <http://portal.ifrn.edu.br/campus/paudosferros/institucional/galeria/sala-de-aula/view>>. Acesso em dez. 2016

para esses registros e que o entregassem ao fim da aula. Percebi que seria interessante padronizar o material desses relatos entregando uma folha de papel A4, procedimento que passei a adotar nas aulas posteriores. Também fiz a inserção da folha de registros na lista de materiais de todos os roteiros do produto educacional.

Orientei esses estudantes para que se esforçassem em registrar, com todos os detalhes possíveis, o debate de suas respectivas equipes destacando que esses detalhes eram tão importantes quanto uma resposta correta para a questão a ser proposta.

Após essa organização inicial das equipes, lancei para os alunos o seguinte questionamento: **O que acontece com a cor de um objeto quando o cobrimos com papel celofane colorido?**

Expliquei que, em aproximadamente dez minutos, eles deveriam buscar hipóteses para responder a questão e que, posteriormente, receberiam um material que os auxiliaria a comprovar ou refutar suas ideias.

De início, as equipes chegaram às seguintes conclusões:

“A partir da luz que atravessa o papel celofane, a luz chega aos nossos olhos com cor e intensidades diferentes.” (Grupo 1)

“O objeto fica da mesma cor do papel.” (Grupo 4)

“O papel definirá a cor do objeto quando visto pelos olhos.” (Grupo 5)

“O objeto vai ficar, parcialmente, com a cor do papel.” (Grupo 6)

Três grupos acreditavam que haveria uma mistura das cores do papel celofane e do objeto:

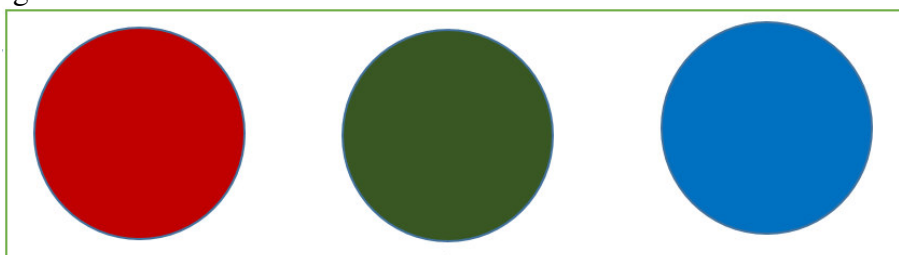
“Fica uma mistura de cor do papel celofane e do objeto (...) Se o objeto for da mesma cor do papel celofane, não há tanta diferença de observação de cor.” (Grupo 2)

“A luz refletida se misturará com as do objeto (...). Se o objeto emitisse luz branca, esse objeto refletiria provavelmente a cor do objeto.” (Grupo 5)

“Quando há a sobreposição de um papel celofane em um objeto, acontece a junção das cores entre os dois. Porém, quando o objeto for mais claro – branco por exemplo – a cor predominante será a do papel celofane.” (Grupo 7)

Após essa formulação de hipóteses, cada grupo recebeu três folhas de papel celofane nas cores verde, vermelha e azul. Também foi entregue um cartão com três círculos coloridos, cada um com uma das cores de papel celofane (Figura 3).

Figura 3 – Modelo de cartão com círculos coloridos.



Fonte: Autor, 2016.

Os alunos, então, passaram a organizar e registrar a linha de trabalho a ser adotada na atividade com descrição clara da sequência de passos dados (Figura 4). Não há nenhuma orientação específica por parte do professor, os grupos ficam livres até mesmo para utilizar outros materiais que houvesse à disposição.

Figura 4 – Alunos adotando procedimento experimental.



Fonte: Autor, 2016.

Abaixo, a descrição de procedimentos e observações de algumas equipes:

“Ao colocar a folha celofane azul sobre o círculo azul, percebemos que não mudou muita coisa. Com o verde a mesma coisa. Ao colocar a folha celofane vermelha dobrada duas vezes. O azul e o verde ficaram mais escuros. Com o azul dobrado duas vezes, percebemos uma mudança no contraste, mas as cores permaneceram as mesmas. Com a folha verde dobrada duas vezes, talvez por ser uma cor mais clara, quase não houve mudanças no cartão.” (Grupo 3)

“Colocando uma folha azul em cima das cores, o vermelho ficou preto e as demais cores apenas em tons mais escuros, mas ainda é possível identificá-los. Já com o (papel) verde, o azul ficou preto. Com o (papel) vermelho, azul e verde escurecem.” (Grupo 5)

“Primeiro, colocamos os papéis sobre a tirinha de cores e notamos que quanto maior a diferença entre a frequência das cores, ela irá mudar. No caso do papel azul, o vermelho fica preto e o verde ficou mais escuro, já no papel vermelho o azul fica preto e o verde continua ficando mais escuro e no papel verde as três cores ficam mais escuras. No papel celofane vermelho, as cores mais claras ele absorve e as mais escuras ficam pretas, no azul acontece o inverso e no verde todas as cores são absorvidas.” (Grupo 6)

Foi interessante perceber o grau de envolvimento dos estudantes. Enquanto passava por eles, percebi muitos realmente empolgados com o debate. Por isso, circular pelos grupos, ainda que não se tenha interação com eles, é uma das ações mais importantes do docente nesta hora. À distância, pode-se ter a impressão de que os grupos estão com conversas paralelas à atividade e se dispersando, pois a sala de aula fica bastante ruidosa.

Ao longo da atividade, reservei alguns momentos para ouvir das equipes o que estavam pensando no momento e como fizeram o procedimento experimental. Quando notava algum desinteresse ou dúvida, fazia questionamentos a fim de orientar o grupo.

O maior problema que observei foi no procedimento experimental. A maior parte das equipes estava fazendo a análise colocando sobre o cartão com os círculos apenas uma camada de papel celofane. Como a refração seletiva do material possui limitações, é importante verificar o que acontece com as cores também quando dobramos o papel celofane, a fim de obter-se um maior número de camadas. Por isso, interrompi momentaneamente a atividade e solicitei a atenção dos alunos. Trouxe mais questionamentos: vocês experimentaram dobrar o papel celofane e observar se há alteração nas cores? Será que o número de camadas (de um celofane de mesma cor) influencia também?

Ao fim da atividade, os grupos fizeram o registro de suas conclusões, como as destacadas abaixo:

“Quando a luz atravessou o objeto, essa luz adquire a tonalidade do material que ela refletiu. A luz atua como determinante das cores.” (Grupo 1)

“O nível de alteração depende da composição da cor do objeto. Caso o papel verde seja colocado sobre o objeto azul e vermelho, por exemplo, no azul a alteração será menor, devido ao fato desta cor compor sua origem, já na parte vermelha, a alteração é maior, considerando que o vermelho não compõe verde e vice-versa. Caso a superfície seja branca, cor composta pela mistura de todas as cores, ele tenderá a cor (do papel celofane) que está sobre ela.” (Grupo 2)

“A cor mais clara no papel celofane, o azul, causou maior efeito na cor mais escura da tabela, o vermelho. E a cor mais escura do papel celofane causou maior efeito nas

cores mais claras da tabela, principalmente, na azul. Nos dois casos, as cores que mais sofreram alterações ficaram próximas ao preto. E no terceiro caso, colocando o papel verde sobre a tabela, percebemos que causou mais efeito nas cores azul e vermelho.”

(Grupo 3)

“A cor branca, que está no papel e na cadeira, fica a mesma cor do papel celofane.”

(Grupo 4)

“A cor do papel (celofane) intensifica a cor igual a dele. Cores parecidas também se intensificam.” (Grupo 5)

“Quanto maior a diferença entre a frequência das cores, mais ela irá mudar. (Grupo 6)

Quando sobrepomos uma cor em outra, há a junção das duas, escurecendo esse resultado. Se uma das cores for clara, branca por exemplo, predominará como resultado a cor mais escura.” (Grupo 7)

Sobre as ideias apresentadas, é importante destacar alguns pontos importantes nas conclusões das equipes. O grupo 1 destacou que a luz é um fator determinante na percepção das cores. O grupo 2 chamou a atenção de que a luz branca é composta por todas as cores e, portanto, um objeto branco reflete a cor do papel celofane que estiver sobre ele, a mesma ideia também surge nos comentários das equipes 4 e 7. Os grupos 3 e 7 registraram o escurecimento de objetos com cor diferente da do papel celofane enquanto o grupo 5 percebeu que, quando o objeto tem a mesma cor do papel celofane, sua cor é “intensificada”.

Finalizada a investigação nos grupos, um representante de cada equipe expôs, para a turma, quais foram as hipóteses iniciais, o procedimento adotado, os resultados e as conclusões a que chegaram na atividade.

A partir dessas apresentações, especialmente das conclusões, foi possível fazer um breve momento de aula expositiva abordando o funcionamento da nossa percepção de cores. Além da reflexão e refração seletivas, tratamos também da composição das cores bem como das diferenças entre uma combinação de luzes coloridas e uma mistura de pigmentos coloridos (como a tinta).

5.2 Aula 02 - Eclipse (01/06/2016)

Nesta aula, tratamos tanto da definição de eclipse quanto discutimos as diferenças entre os eclipse solar e lunar. Além disso, estabelecemos uma relação com a ideia de sombra e penumbra o que nos levou à propriedade da propagação retilínea da luz, que já era de conhecimento da turma. Esta atividade foi estruturada de modo a ser uma questão aberta, com três objetivos: compreender o fenômeno do eclipse e quando pode ocorrer, identificar as

diferenças entre os eclipses do Sol e da Lua, associar o fenômeno do eclipse com a propriedade da propagação retilínea da luz. O roteiro e o plano de aula estão disponíveis no Apêndice A.

Neste dia, 36 alunos estavam presentes. Como não tínhamos uma parte experimental, optei por aumentar para oito o número dos grupos, para que, em cada um deles, não houvesse mais do que 5 membros. Como o debate seria o principal ponto da aula, uma equipe maior poderia favorecer consideravelmente a dispersão e inatividade de alguns estudantes. Desse modo, organizamos quatro equipes com 4 membros e quatro equipes com cinco membros.

Como na atividade anterior, solicitei a escolha de um aluno para registro em cada grupo. Entreguei uma folha A4 para cada uma delas e lancei dois questionamentos: Por que o eclipse lunar é mais frequente que o solar? Por que, durante um eclipse do Sol, algumas regiões visualizam o fenômeno parcialmente?

Para a primeira questão, as respostas apresentadas pelas equipes foram as seguintes:

“Por causa do ângulo, do tamanho e da distância. Do ângulo porque, para que haja um eclipse, é preciso que os materiais estejam posicionados retilineamente. Do tamanho pois, se a Terra estiver no meio, não haverá luz do Sol para a Lua, e se a Lua estiver no meio a luz do Sol passará para a Terra, porém, com uma sombra emitida pela Lua. Da distância pois a Terra está mais perto da Lua do que do Sol e também por ser mais fácil ver a Lua se posicionar atrás da Terra, cuja área de sombra é maior, do que ela se posicionar exatamente num ponto X para que ocorra o eclipse solar.” (Grupo 1)

“Porque é raro haver o alinhamento da Terra, Lua e Sol, e assim acontecer um eclipse solar. Já a Lua como realiza o movimento de rotação e translação em torno da Terra, torna-se frequente haver o eclipse lunar.” (Grupo 2)

“Porque a Lua está próxima do planeta Terra, e a sombra da Terra cobre a Lua. E não tem muito eclipse solar por conta que o Sol não se movimenta, e a Lua sim.” (Grupo 3)

“É mais comum o eclipse lunar acontecer, pois para que o mesmo ocorra é somente necessário que a Lua esteja alinhada com o lado “escuro” da Terra. Já o eclipse solar necessita que a luz esteja alinhada com ambos, Terra e Sol.” (Grupo 4)

“Como a Lua é bem menor que a Terra, é bem mais fácil que o planeta cubra o satélite, não precisando de um alinhamento muito preciso. Mas como o Sol é bem maior que a Lua, é necessária uma precisão bem maior para que haja a sensação de ‘cobrimento’ do Sol.” (Grupo 5)

“Porque é mais frequente a Lua se posicionar do lado escuro da Terra, já o eclipse do Sol só acontece quando há um alinhamento da Terra, a Lua e o Sol.” (Grupo 6)

“Para que aconteça um eclipse solar, a Lua precisa estar bem alinhada entre o Sol e a Terra, porém, ela possui certo grau de inclinação que dificulta a ocorrência desse evento, além de sua desproporcionalidade de tamanho em relação ao Sol. Já o eclipse lunar é mais frequente devido fato de a Terra ser maior que a Lua, sendo mais fácil ela cobrir a Lua em sua sombra quando esta estaria cheia.” (Grupo 7)

“Porque os eclipses solares só acontecem quando há um alinhamento entre Terra, Sol e Lua.” (Grupo 8)

Apesar de muitas das hipóteses propostas destoarem da realidade, há alguns elementos importantes destacados pelos alunos que auxiliaram na abordagem expositiva no fechamento desta aula. Os grupos 1 e 3 chamaram a atenção para as distâncias de Sol e Lua em relação a Terra. Os grupos 1 e 5 apontaram para a diferença de tamanho entre Sol e Lua como sendo um fator relevante. Os grupos 4, 5, 6, 7 e 8 registraram a importância do alinhamento para a ocorrência do eclipse.

Em relação à segunda questão, os registros foram os seguintes:

“Por causa da sombra e da penumbra, porque quem está na sombra vê o eclipse inteiro e quem está na penumbra vê o eclipse parcialmente.” (Grupo 1)

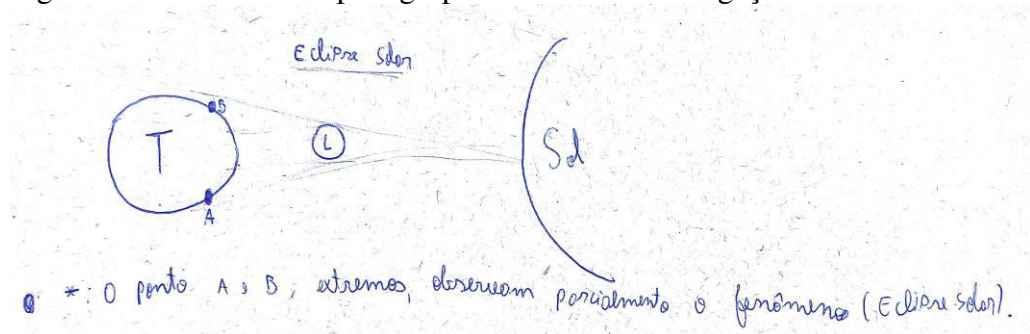
“Quando há o eclipse solar, que acontece a sobreposição da Lua e o Sol e que o mesmo reflete uma sombra na Terra, apenas quem estiver nessas localidades verão o eclipse, enquanto os outros ainda verão incidência de luz.” (Grupo 2)

“Porque o eclipse ocorre quando a Lua fica entre a Terra e o Sol, durante o eclipse vão surgir duas áreas: uma área de sombra e uma área de penumbra. Quem estiver na área de sombra vai ver o eclipse total e quem estiver na área de penumbra vai ver o eclipse parcialmente.” (Grupo 3)

“Porque a Lua é muito pequena em relação ao Sol. O que faz com que algumas regiões mais extremas da Terra visualizem parcialmente o fenômeno.” (Grupo 4)

“Porque, devido ao imenso tamanho do Sol, o alinhamento com a Lua vai gerar uma impressão de sombra apenas nas regiões próximas ao alinhamento destes com a Terra, e não nas mais distantes, mais próximas aos pólos. (Figura 5)” (Grupo 5)

Figura 5 – Desenho feito pelo grupo 5 durante a investigação.



Fonte: Autor, 2016.

“Pois a Lua é claramente menor do que a face da Terra, e por isso ela não barra a luz completamente, podendo ser visualizada totalmente por quem está na posição central e mais parcialmente por quem está mais distante.” (Grupo 6)

“Devido seu minúsculo tamanho em relação aos outros astros envolvidos nesse evento, a Lua não consegue cobrir toda a extensão territorial da Terra iluminada pelo Sol.” (Grupo 7)

“Porque em alguns locais a Lua não encobre completamente a Terra do Sol, sendo assim o eclipse total só irá acontecer na região que está centralizada na sombra da Lua. (Figura 6)” (Grupo 8)

Figura 6 – Desenho feito pelo grupo 8 durante a investigação.



Fonte: Autor, 2016.

É possível perceber que, na visão de todas as equipes, o eclipse solar não é visto em todas as regiões pelo fato de a Lua não conseguir bloquear toda a radiação do Sol que se dirige à Terra. Os grupos 1 e 3 falaram sobre a formação de uma região de sombra e outra de penumbra. O comentário do grupo 5 sobre o “imenso tamanho do Sol” pode nos levar ao conceito de fonte extensa, importante para a compreensão dos conceitos de sombra e

penumbra. As equipes 4, 6 e 7 afirmaram que o tamanho da Lua também é significativo em suas abordagens da questão.

Terminada a discussão e com os registros feitos, um membro de cada equipe apresentou as hipóteses levantadas bem como as conclusões alcançadas pelo grupo.

Por fim, utilizando como ponto de partida as discussões dos grupos, desenvolveu-se um breve momento de aula expositiva sobre os eclipses solar e lunar.

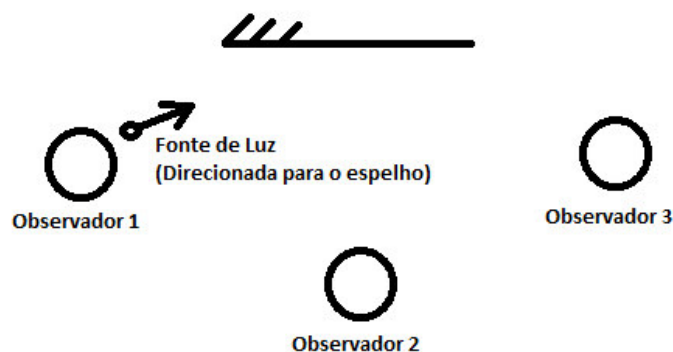
5.3 Aula 03 - Reflexão da Luz em Espelhos Planos (08/06/2016)

Nesta prática, os estudantes tiveram que identificar, em uma montagem esquemática, qual ou quais observadores perceberiam a reflexão de um feixe de luz refletido em um espelho plano. A atividade foi estruturada para ser uma demonstração investigativa com os seguintes objetivos: Compreender as propriedades básicas da reflexão da luz e verificar o princípio da reversibilidade dos raios de luz. O roteiro e o plano de aula estão disponíveis no Apêndice A.

No dia, 35 alunos estavam presentes, o que permitiu a divisão da turma em sete grupos com 5 membros cada.

Com as equipes organizadas, foram entregues as folhas A4 e apresentado o experimento que seria realizado após a formulação das hipóteses com um espelho, uma fonte de luz e três observadores posicionados como na figura abaixo:

Figura 7 – Montagem esquemática da demonstração.



Fonte: Autor, 2016.

Após a explicação de como seria, em linhas gerais, o experimento, propus o seguinte problema: algum dos observadores verá a luz refletida pelo espelho? Qual/Quais deles?

Os grupos chegaram às seguintes conclusões:

“Colocamos em análise a situação proposta, chegamos a conclusão de que, a depender do ângulo de transmissão do feixe de luz, perceberá o reflexo apenas quem estiver contrário ao transmissor e/ou, possivelmente, quem estiver centralizado. Portanto, o observador que estiver alinhado ao transmissor será o que não perceberá o reflexo.”

(Grupo 1)

“Na posição em que se encontra a fonte de luz, nenhum dos indivíduos poderá ver o reflexo da luz.” (Grupo 2)

“O único que não enxergará é o lado onde ela estará, ou seja, o do meio e o do lado oposto enxergarão.” (Grupo 3)

“O único que veria seria o que está contrário ao ângulo em que a luz foi direcionada.” (Grupo 4)

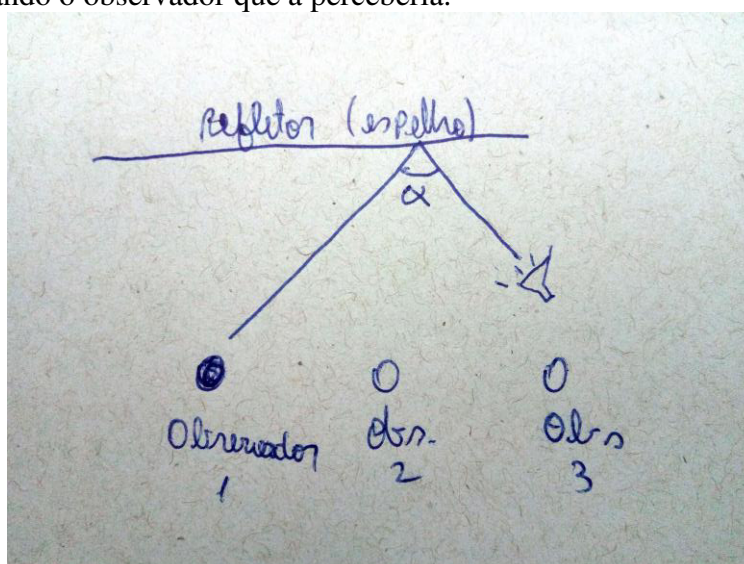
“Todos conseguirão ver, exceto o do centro, considerando que um estará posicionado próximo à fonte de luz e, direcionado ao espelho, verá a reflexão como também o que está no lado oposto, por ser atingido pelo feixe de luz refletido. (Grupo 5)

Ideia 1: quando a luz for lançada, o do centro verá um ponto no espelho (que seria a luz). E os dois das extremidades, um veria o feixe de luz indo e outro voltando.

Ideia 2: a luz não será vista através do espelho nem pelo observador do lado da luz que está sendo lançada e nem pelo do centro. Será vista pelo lado que está sendo refletida (oposto à fonte de luz).” (Grupo 6)

“Apenas um a perceberá (Figura 8):” (Grupo 7)

Figura 8 – Desenho do Grupo 7 mostrando a trajetória do feixe de luz e destacando o observador que a perceberia.



Fonte: Autor, 2016.

Como havia um experimento e a curiosidade em acertar o resultado, percebi que os problemas de dispersão, constatados na aula anterior, foram consideravelmente reduzidos.

Não raras vezes, ao longo da atividade, os alunos solicitaram a realização do experimento antes do momento determinado, a fim de confirmarem suas ideias.

Após o registro das hipóteses, um representante de cada equipe apresentou a opinião do grupo sobre o experimento, bem como a justificativa.

Em seguida, posicionamos três alunos como na montagem esquemática (Figura 5.7) e realizamos o experimento apagando as luzes para melhorar a visualização do fenômeno (Figura 9). Como não tínhamos um laser pointer à disposição, utilizei a lanterna de um smartphone associada a um cilindro feito com uma folha de papel. Desse modo, constata-se que, considerando a montagem da Figura 7, apenas o observador 3 (do lado oposto à fonte de luz) irá perceber a reflexão, o que está de acordo com os registros dos grupos 4, 6 (ideia 2) e 7.

Figura 9 – alunos realizando o experimento de reflexão da luz em espelho plano.



Fonte: Autor, 2016.

Após a realização do experimento, foi curioso observar as reações dos alunos. Alguns comemoravam por terem acertado enquanto outros lamentavam o erro ou não acreditavam no resultado.

Após o experimento, foi possível abordar, em um breve momento de aula expositiva, tanto a reflexão da luz em espelhos planos quanto o princípio da reversibilidade dos raios, já que também analisamos se um dos observadores conseguia ver o outro através do espelho.

5.4 Aula 04 - Associação de Espelhos Planos (14/06/2016)

Neste dia, investigamos a formação de imagens quando temos uma associação de dois espelhos planos. A partir de um trabalho caracterizado como laboratório aberto, é possível analisar as condições de contorno do problema atingindo uma formulação matemática, isso faz com que a atividade também possa ser configurada como um problema aberto. Nossos objetivos foram: perceber o que ocorre com as imagens de um objeto quando temos dois espelhos planos associados, identificar o quanto o ângulo entre os espelhos influencia no número de imagens, estabelecer uma relação matemática entre o ângulo entre os espelhos e o número de imagens formadas. O roteiro e o plano de aula estão disponíveis no Apêndice A.

Com 37 alunos presentes, a divisão foi feita, novamente, com sete grupos: dois com seis e cinco com cinco membros. Logo em seguida, foi entregue, para cada equipe, uma folha de papel ofício A4 para o relatório. O próximo passo foi a apresentação de um problema através do seguinte questionamento: Qual é o maior número de imagens que podemos obter de um objeto utilizando dois espelhos planos?

Depois que as equipes chegam às respostas iniciais. Entregou-se o material para investigação: dois espelhos planos de dimensões 8cm x 10cm e um transferidor. Além disso, era permitido o uso de qualquer outro material que os grupos tivessem à mão.

Figura 10 – Equipe realizando experimento e registrando observações.



Fonte: Autor, 2016.

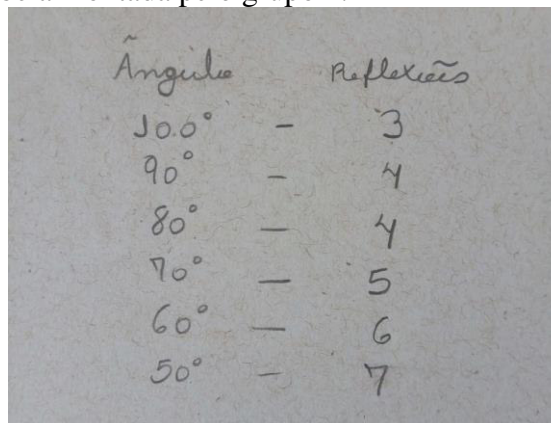
Chamou a atenção, novamente, o grau de envolvimento e interesse dos estudantes (Figura 10). Eles discutiam suas opiniões nos grupos e tentavam chegar a um consenso,

elaborando seus próprios métodos investigativos. Mesmo sem qualquer orientação sobre o uso do material, as equipes perceberam que poderiam utilizá-lo para medir o ângulo entre os espelhos. Sobre isso, o grupo 5 relatou: “Primeiramente, começamos colocando os espelhos em cima do transferidor, observando quantas imagens podemos obter a cada aproximação dos espelhos.”

Logo no início da prática, todas as equipes identificaram que a saída para o problema proposto estava na redução do ângulo. Segundo o registro do grupo 4: “À medida que vai diminuindo o ângulo, aumenta-se o número de reflexos projetados pelo espelho do objeto utilizado.”

As equipes 1, 2, 3, 6, e 7 montaram tabelas em seus relatórios para associar o número de imagens observadas com o ângulo entre os espelhos, como mostram as imagens abaixo (Figuras 11 e 12):

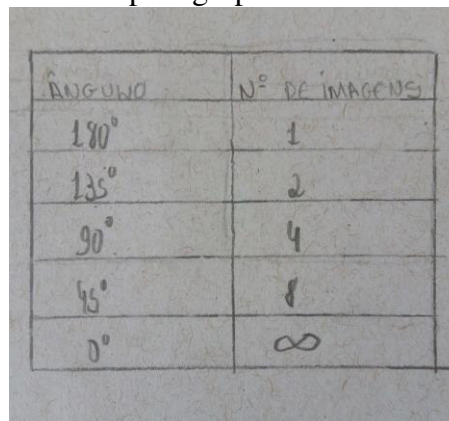
Figura 11 – Tabela montada pelo grupo 1.



Ângulo	Reflexões
100°	3
90°	4
80°	4
70°	5
60°	6
50°	7

Fonte: Autor, 2016.

Figura 12 – Tabela montada pelo grupo 3.



ÂNGULO	Nº DE IMAGENS
180°	1
135°	2
90°	4
45°	8
0°	∞

Fonte: Autor, 2016.

Na tabela montada pelo grupo 3 (Figura 12), já há uma indicação para infinitas imagens em caso de ângulo igual a zero.

Em determinado momento da aula, os alunos do grupo 2 começaram a falar mais alto e, de certo modo, a esboçar uma comemoração. Três deles vieram ao meu encontro: “*Professor, descobrimos uma fórmula!*”. Ao verificar as anotações da equipe, deparei-me com a seguinte conclusão (Figura 13):

Figura 13 – Fragmento de registro do grupo 2.

The image shows a handwritten note on a piece of paper. On the left, it says 'fórmula descoberta' and then the formula
$$m_i = \frac{360^\circ}{\alpha}$$
. On the right, it defines the variables: $m_i = \text{Número de imagens}$ and $\alpha = \text{Ângulo de associação dos espelhos}$. Below these definitions, there are two conditions: $\alpha > 0 \text{ e } \alpha < 360^\circ$ and $m_i \in \mathbb{N} \text{ e } \alpha \text{ divisor de } 360$. A bracket connects the formula to the conditions.

Fonte: Autor, 2016.

Apesar de não se tratar do resultado correto (era necessária a subtração do segundo termo por 1), é interessante notar como é possível aproximar o aluno do conhecimento científico, que também é passível de erros e aprimoramentos. Ao final da aula, com a exposição do conteúdo, a equação para o número de imagens não pareceu tão estranha, já que os referidos grupos haviam compartilhado suas conclusões com os demais.

Além disso, outros três grupos perceberam que a resposta para o problema inicial estava na diminuição do ângulo entre os espelhos até o valor de 0° , no qual (conclusão do grupo) teríamos infinitas imagens. O grupo 6 fez o seguinte relato:

“Ao colocar os espelhos com suas superfícies uma de frente para a outra, é notório a formação de incontáveis imagens, uma vez que as projeções virtuais vão sendo refletidas em outras, compondo uma quantidade infinita do número de imagens.”

O grupo 1 observou que “se colocarmos os espelhos em paralelo existem infinitas reflexões, mas chega um ponto que nossa visão não consegue mais enxergar”.

O grupo 7 relatou também a limitação percebida em seu experimento: “devido o volume do objeto utilizado (borracha), não foi possível obter um ângulo menor”.

Trata-se de um aspecto importante do trabalho. Reconhecer as limitações de uma prática ou de uma observação faz parte tanto de situações do dia-a-dia quanto de um trabalho científico.

No final, como de costume, um membro de cada equipe expôs as principais ideias e conclusões. Por último, em uma abordagem expositiva, tratou-se do tema da prática.

6 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA

Como citado no Capítulo 4, o objetivo da proposta metodológica era o de inserir os estudantes em atividades investigativas a fim de desenvolver neles uma atitude científica. Para alcançar esse resultado, baseamos essa metodologia nos conceitos relacionados a aprendizagem ativa com o propósito de reorientar a condução das ações em sala pelo docente. Somado a isso, o sociointeracionismo de Vygotsky que aponta para um conhecimento construído, entre outros fatores, pelas relações sociais. Por fim, as ideias relacionadas ao ensino por investigação nortearam tanto os questionamentos quanto os procedimentos adotados em sala. Por isso, era importante avaliar como esses e outros aspectos foram percebidos pelos estudantes.

Por isso, na semana seguinte à aplicação da última aula investigativa, os alunos passaram por uma rápida entrevista composta por cinco perguntas, a fim de analisar a percepção que tiveram da metodologia e como ela os afetou durante as atividades investigativas.

Lüdke e André (2013) consideram a entrevista como um dos mais básicos instrumentos para a coleta de dados. “A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos” (LÜDKE; ANDRÉ, 2013).

Da turma, 34 alunos participaram da entrevista. As cinco questões são citadas ao longo deste capítulo, sempre acompanhadas dos objetivos, comentários e fragmentos de algumas das respostas dadas pelos estudantes.

1. Você se sentiu desafiado ao fazer as previsões? Teve curiosidade em saber a resposta?

A primeira pergunta buscou identificar se as atividades investigativas geraram interesse e curiosidade dos estudantes, considerando que esse é um pressuposto importante para a aprendizagem.

O objetivo é avaliar se as perguntas iniciais, propostas nas aulas, conseguiram despertar o interesse e a curiosidade do estudante.

A maioria dos alunos relatou que sentiram desafiados e ficaram curiosos em saber o resultado para os problemas, como, por exemplo:

“Eu senti muita curiosidade para responder as questões porque eu poderia ver o resultado na prática e isso pode trazer uma satisfação maior do que ver apenas no caderno o resultado.” (Aluno 02)

“Eu me senti desafiado em fazer as previsões porque as perguntas, por mais que elas parecessem ser simples, a gente não tinha uma certeza absoluta, ficava meio em dúvida, por isso que eu fiquei com muita curiosidade.” (Aluno 06)

Algumas das atividades, de fato, apresentavam questionamentos relativamente simples. No entanto, como a solução não poderia ser encontrada por meio de um algoritmo rígido, exigiu um novo tipo de raciocínio dos estudantes, o que os aproximou do trabalho científico. Percebe-se, aqui, que os problemas lançados em sala estão de acordo com a orientação dada por Gil e Castro (1996) de se apresentar situações-problema abertas com nível de dificuldade adequado aos alunos. Além disso, percebe-se que os questionamentos discutidos também atenderam à definição de problema dada por Peduzzi (1997): não se é conduzido à definição de forma imediata ou automática.

“Sim, eu tive muita curiosidade até pelo esforço de nós todos e a todo momento acho que todo mundo do grupo queria saber a finalidade, o que que aconteceria.” (Aluno 13)

O último comentário revela como o trabalho em equipe pode ser estimulante. Se há engajamento no grupo, a atividade investigativa pode gerar cada vez mais curiosidade e, desse modo, fluir com maior facilidade.

“Como eram assuntos novos, que eu jamais havia estudado, eu me senti desafiada sim, pois eu queria acertar e em relação à curiosidade, eu a senti muito pois sou bastante curiosa.” (Aluno 17)

É interessante perceber que, mesmo sem possuir conhecimentos prévios do assunto, foi possível estimular a curiosidade por meio da proposta metodológica.

“Os experimentos eles foram bem interessantes. Eu, pelo menos, me senti desafiado, porque eu tinha que responder algo que antes eu não tinha estudado e, no final da experiência, tinha que ver se tinha dado certo ou errado” (Aluno 30)

A curiosidade é um elemento fundamental para a atividade investigativa. Ela motiva os alunos e favorece o engajamento nas ações que buscamos na aprendizagem ativa. Como é possível perceber nas falas acima, os problemas apresentados em sala conseguiram cumprir o seu papel de despertar a atenção e a curiosidade dos estudantes.

Alguns alunos afirmaram já ter conhecimento prévio sobre um ou mais assuntos abordados. Mesmo assim, sentiram-se motivados a seguir nas investigações:

“Após a exposição do questionamento, o grupo já tinha um conhecimento sobre o assunto e queríamos testar esse conhecimento, queríamos colocar em prática o que a gente sabia para chegar às respostas do questionamento.” (Aluno 01)

“Nem tanto, porque gosto muito de ver vídeos de física e já tenho um pouco de conhecimento. E sim, fico ansioso com as respostas pois ver experimentos na prática é muito legal.” (Aluno 08)

“Sim, em todo eu me senti bastante desafiado uma vez que, apesar de eu já possuir um certo conhecimento prévio acerca de algumas questões que foram postas, em todos a minha curiosidade foi, de fato aguçada e eu não tinha plena certeza de nenhuma resposta que eu dava.” (Aluno 12)

É significativo observar que até mesmo aqueles alunos que revelaram ter certo conhecimento dos conteúdos se sentiram motivados nas aulas. Isso nos mostra que é possível engajar o estudante independentemente do nível de conhecimentos que possua.

Outro ponto interessante a ser destacado é como a atividade em grupo favoreceu o trabalho investigativo para alguns alunos. Mesmo não sendo o objetivo desta pergunta, foi evidenciado também a relevância do caráter sociointeracionista da proposta.

“Eu tive curiosidade mas não tive muita dificuldade porque foi em grupo, aí todo mundo ficou se ajudando.” (Aluno 05)

“Sim, eu tive muita curiosidade até pelo esforço de nós todos e a todo momento acho que todo mundo do grupo queria saber a finalidade, o que que aconteceria.” (Aluno 31)

2. Com esse método de prever e realizar o experimento, você acha que sua aprendizagem foi melhor ou pior? E em comparação com uma aula expositiva tradicional, em qual situação você se sente mais motivado? Em qual delas você aprende mais?

A segunda pergunta tem por propósito detectar como o aluno percebeu sua aprendizagem. Se, como indivíduo ativo no processo, consegue maior êxito em compreender os conteúdos, especialmente quando comparado ao seu próprio desempenho em aulas expositivas tradicionais.

O objetivo é estabelecer um comparativo entre a abordagem tradicional expositiva e uma metodologia investigativa. Avaliar como o aluno se percebe nas duas realidades, em qual ele se sente mais motivado e acredita aprender mais.

Neste ponto, houve uma unanimidade. Todos os alunos consideraram que aprendem mais em uma aula que envolva ação por parte deles.

“A aprendizagem melhorou bastante porque fica mais fácil de gravar na mente uma coisa que você vê na prática. Isso faz com que fique melhor de aprender e a gente sabe que isso realmente funciona apesar de a gente ver nos cálculos e na teoria que funciona de verdade. Em comparação com a aula expositiva, eu me sinto mais motivado na aula prática, na teoria posta em prática com os experimentos em sala.”
(Aluno 02)

Essa percepção do aluno se adequa com a ideia de Hodson (1992) de que atividades dessa natureza, que aproximam o aluno do trabalho científico, proporcionam uma melhoria na aprendizagem de ciências.

“Eu me achei muito mais motivado porque a aula se tornou mais dinâmica. Uma aprendizagem mais divertida com a interação com os outros grupos da sala e muitas coisas que a gente vê assim no nosso cotidiano, na sala de aula, na aula de física, a gente não consegue adequar no nosso dia-a-dia, e foi possível fazer isso na sala de aula. Em comparação com a aula expositiva tradicional, eu me sinto mais motivado com uma aula prática mas eu também gosto de uma aula tradicional onde a gente pode ver as fórmulas, etc.” (Aluno 03)

Essa percepção de situações do cotidiano em sala de aula é destacada nos PCNs que julga se essencial tomar as indagações do cotidiano como início e fim do ensino de física (BRASIL, 1999).

“Com certeza o meu conhecimento foi bem estendido. E em relação às duas opções que a pergunta oferece, com certeza os experimentos práticos me motivam bem mais

do que as aulas orais e com certeza eu aprendi muito mais nos experimentos práticos.”
(Aluno 11)

“Foi melhor a do experimento, eu me senti mais motivado na do experimento, porque tava todo mundo trabalhando em grupo e em empenho para saber a finalidade de cada experimento.” (Aluno 06)

Nota-se a relevância da afirmação de Moreira (1983) sobre a necessidade do problema investigativo ser centrado na ação do aluno, conduzindo-o a um trabalho prático.

“Com certeza foi melhor, pois pode colocar a imaginação para funcionar e fluir e chegar em uma lógica.” (Aluno 22)

“Eu aprendi muito mais assim do que só dando o conteúdo e escrevendo.” (Aluno 31)

“Eu acho que eu aprendi muito mais na aula prática, né, porque com o embasamento teórico e partindo da prática eu aprendo muito mais e aí motiva mais ainda.” (Aluno 32)

“Sim, melhora muito a aprendizagem do aluno por ser interessante. Sem comparação o método de experiências é melhor.” (Aluno 34)

Percebemos, neste ponto, o quanto os conceitos relacionados à Aprendizagem Ativa são relevantes para a metodologia. Atividades que exijam o engajamento dos estudantes não só aumentam o interesse como também o aprendizado. Além disso, o aluno fica mais receptivo até mesmo para os momentos de aula expositiva, o que se evidencia na seguinte fala:

“Melhor, depois de ser desafiada a fazer as previsões eu consegui me concentrar na aula e entender o motivo das resposta eu me sinto muito mais motivada do que numa aula expositiva. Aula tradicional dá muito sono. Portanto, fico mais concentrada em uma aula prática. Aprendo mais nela.” (Aluno 18)

O próximo comentário é interessante por nos lembrar da Zona de Desenvolvimento Proximal, definida por Vygotsky, e a importância de se estabelecer uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele pode desenvolver com a orientação da metodologia do professor:

“Eu tive curiosidade mas não tive muita dificuldade porque foi em grupo, aí todo mundo ficou se ajudando.” (Aluno 05)

“Sim, eu tive muita curiosidade até pelo esforço de nós todos e a todo momento acho que todo mundo do grupo queria saber a finalidade, o que que aconteceria.” (Aluno 31)

“Acho que é possível aprender mais, pois a gente lembra o que pensava antes e compara com o que sabe agora, depois de realizar o experimento, e isso fica fixado na mente. Com certeza é bem melhor que uma tradicional aula expositiva.” (Aluno 09)

E, mais uma vez, há destaque para o trabalho em grupo como elemento facilitador da aprendizagem:

“A aprendizagem na metodologia investigativa foi melhor. Como a gente estava trabalhando em grupos de amigos, a gente não tinha tanta vergonha de falar porque a gente não estava falando para a sala. A gente estava falando para o nosso pequeno grupo e, além do que seria exposto na aula expositiva pelo professor, a gente tinha o conhecimento das próprias pessoas que ficavam mais confortáveis em falar para um grupo menor, elas iam compartilhar, com o grupo, os seus conhecimentos prévios e grupo pôde utilizar isso para resolver a tarefa.” (Aluno 01)

Além disso, alguns alunos identificaram a importância de uma educação científica a partir da aprendizagem ativa, como é possível constatar no exemplo abaixo:

“Eu tive curiosidade mas não tive muita dificuldade porque foi em grupo, aí todo mundo ficou se ajudando.” (Aluno 05)

“Sim, eu tive muita curiosidade até pelo esforço de nós todos e a todo momento acho que todo mundo do grupo queria saber a finalidade, o que que aconteceria.” (Aluno 31)

“Sem dúvidas foi melhorado. Geralmente, nas aulas expositivas, nós nos detemos muito ao que entra nos nossos ouvidos e não somos levados nem a questionar. Porém, nessas aulas experimentais, nós pudemos fazer isso de uma forma mais efetiva, uma vez que nós questionávamos a nós mesmos e, na minha concepção, isso é fazer ciência. Portanto, dessa forma, eu pude aprender bastante e acredito que é uma forma de otimizar o aprendizado nas escolas.” (Aluno 12)

A crítica feita pelo Aluno 12 acerca de não questionar o que é dito pelo professor está diretamente relacionada com o que diz Vasconcellos (2005) sobre a constatação de que o educando não possui campo psicológico para se expressar.

3. Na exposição das ideias do grupo em sala, você sentiu medo de estar errado?

Essa questão visa avaliar uma das principais dificuldades para a implementação da metodologia. Como os estudantes não estão acostumados com esse tipo de abordagem, é natural que se sintam inseguros e temerosos em arriscar suas próprias respostas.

Nesse aspecto, os alunos ficaram divididos. Alguns trataram a questão com naturalidade, considerando que errar faz parte do processo de aprendizagem. Outros relataram um certo receio no início das atividades. Houve ainda quem encontrasse em seu grupo a segurança necessária para prosseguir na atividade.

“Sim, o grupo hesitou um pouco na hora de responder mas foi porque, nas primeiras atividades, os outros grupos conseguiram um grau de desenvolvimento melhor” (Aluno 01)

“Eu não senti medo de estar errado porque eu estou aprendendo e todos que passam por um processo de aprendizagem porque não sabem sobre aquele assunto ou sabem muito pouco e, justamente por isso, não senti nenhum medo de estar errado. Eu também estava em grupo e não só eu não sabia como também os meus colegas não sabiam e fomos colocar em prática para realmente aprender. E foi muito legal ver tudo acontecendo e foi bem interessante. E eu consegui aprender de verdade” (Aluno 02)

“Com certeza, afinal, eram apenas previsões. Não sabíamos se eram realmente as respostas certas, apenas juntamos as nossas ideias ” (Aluno 04)

“Não, porque todo mundo não sabia de nada, inclusive eu” (Aluno 10)

“Sim, acho que todo mundo tem medo de errar e isso é uma consequência da vida aí, o ‘cabra’ errar” (Aluno 13)

“Não, pois como era um assunto novo eu não tinha a obrigação de saber a resposta e acertá-la.” (Aluno 17)

“Não porque estamos na aula aprender independentemente de errar ou acertar.” (Aluno 19)

“A única coisa ruim que eu achava era ter medo de errar e falar besteira na frente dos outros caras do meu grupo e por isso mesmo eu gostei mais da parte do experimento quando eu realmente descobria se o que eu falei era besteira ou não”.(Aluno 27)

“Não, de forma alguma, pois a sala de aula é um ambiente de aprender. E como se diz: errando é que se aprende” (Aluno 29)

“A gente respondeu, mesmo com a incerteza, mas sem medo de mostrar as resposta, se estavam certas ou erradas.” (Aluno 30)

Algumas das inseguranças relatadas justificam-se pela influência do ensino tradicional que recrimina o erro e está centrado em algoritmos e repetições (GIL E TORREGROSA, 1987). Promover uma educação científica nesse cenário demanda tempo, pois visa fazer do estudante um agente transformador na sociedade (CHASSOT, 20011).

Na próxima fala, nota-se a importância da orientação do docente, até mesmo para que os alunos se sintam mais confiantes em suas investigações:

“Bem no começo eu fiquei com medo de estar errado porque eu sou um pouco tímido. Mas, quando o professor disse que não importava se estava certo ou errado, que o que importava era a gente aprender, eu fiquei mais calmo” (Aluno 03)

Campos (1999) orienta exatamente essa postura docente de estímulo à formulação de hipóteses para solucionar os problemas.

O constrangimento em dar opiniões é um dos maiores entraves para o bom andamento das aulas, pois tanto limita as ações do estudante quanto interfere na sua interação com os outros participantes do grupo. Há que se ter sempre atenção especial com este aspecto, buscando deixar claro aos alunos que o erro faz parte do processo e, portanto, não deve ser motivo de vergonha.

4. O que você mais gostou das aulas práticas, Experimento ou previsão? Qual das práticas você achou mais interessante?

A quarta pergunta tem o propósito de avaliar qual dos aspectos (discussão de hipóteses ou experimento) despertou mais interesse. É importante para verificar se o aluno possui maior afinidade com o debate de hipóteses ou com o desenvolvimento e manipulação do experimento. A pergunta sobre a melhor prática tem o intuito de detectar qual modalidade de atividade investigativa foi mais estimulante.

Apesar de alguns alunos terem escolhido o momento da previsão, a maioria da sala preferiu o momento de realização do experimento, o que se observa na escolha da aula mais interessante. A aula de eclipse, única em que não houve experimento, foi citada por apenas um aluno.

“Eu gostei mais das partes de experimentação e a melhor aula, para mim, foi a de reflexão (da luz)” (Aluno 01)

“O que eu mais gostei foi o experimento apesar de que a previsão é muito legal. Você faz uma previsão e, no final, você sabe se aquela previsão foi verdadeira ou não ou se estava perto de ser verdadeira. Apesar disso, eu gostei mais do experimento posto em prática. Em relação à prática que eu mais gostei, foi a de reflexão. Foi muito interessante ver aquela coisa dos espelhos planos e perceber que quando você vê uma

“... pessoa ela está lhe vendo, foi muito interessante. Eu já tinha reparado nisso mas, na aula, foi que eu descobri a que isto está relacionado. Isto está relacionado à física.” (Aluno 02)

“O que eu mais gostei das aulas práticas foram as previsões que a gente tinha que fazer porque deixa aquele suspense: “será que eu estava certo?” “Será que eu estava errado?”. E a que eu achei mais interessante foi a das cores” (Aluno 08)

“Com certeza, o experimento foi bem mais satisfatório do que a previsão e eu me senti mais à vontade, e o que eu achei mais interessante, com certeza, foi o dos eclipses que eu não tinha muito conhecimento nessa área.” (Aluno 11)

“Eu gostei mais do experimento e a prática que eu achei mais interessante foi a dos espelhos, inclusive o nosso grupo chegou quase na equação e eu achei muito interessante.” (Aluno 12)

“Bom, eu gostei dos dois, pois ambas são formas legais de aula prática e, com isso, a aula que eu gostei mais foi sobre a que falamos sobre os eclipses do Sol e da Lua.” (Aluno 21)

“Experimentos. O que eu gostei mais foi o da reflexão da luz” (Aluno 25)

“A vez em que utilizamos o canhão de luz apontando no espelho plano para saber quem ia conseguir ver o raio refletido pois eu realmente não fazia ideia de quem conseguiria ver e por isso estava muito curioso.” (Aluno 26)

“Previsão, fica aquele desafio no ar: se está certo ou errado. A do papel colorido e objeto. Fica a curiosidade se vai conseguir enxergar o objeto de outra cor.” (Aluno 30)

“Eu gostei mais do experimento” (Aluno 33)

Além da orientação de Moreira (1983) para o trabalho prático, Campos (1999) também afirma ser importante possibilitar a comprovação experimental das hipóteses. Lewin e Lomáscolo (1998) citam ainda que um trabalho envolvendo a elaboração de hipóteses e experimentação tem a capacidade de facilitar muito a motivação e fazer com que o aluno adquira atitudes como: curiosidade, desejo de experimentar, duvidar de certas afirmações, confrontar resultados e obtenção de mudanças (conceituais, metodológicas e atitudinais).

5. Você acredita que o trabalho em grupo favoreceu a aprendizagem? Seria melhor se as práticas fossem individuais?

O objetivo é avaliar o viés sociointeracionista da metodologia. Pretendeu-se identificar se a atividade em grupo facilitou ou não as investigações. A importância do trabalho em grupo já apareceu em comentários anteriores e, como era de se esperar, foi unânime entre os alunos.

“Eu acredito que o trabalho em grupo favoreceu a aprendizagem já que a gente se sentia mais confortável em trabalhar somente com um pequeno grupo de pessoas, que a gente poderia falar o que a gente acha e discutir com eles de uma forma mais organizada. É melhor dessa forma porque a gente vai socializar mais com os colegas e conseguir discutir, o que não acontece nas práticas individuais já que a gente tem que usar o conhecimento somente nosso e não tem como a gente conferir/discutir com os colegas o que a gente sabe.” (Aluno 01)

“O trabalho em grupo favoreceu a aprendizagem, pois cada um disse sua opinião, nós debatemos e vimos o que cada um tinha em comum, formulamos a opinião geral e, assim, podemos ter um resultado mais próximo do real ou então o resultado real, o resultado final. Aquele que estava sendo buscado. O trabalho em grupo está em vários lugares e, na escola, eu acredito que isso seja muito importante, por isso que eu gostei muito de trabalhar em grupo. Antes, eu não trabalhava muito em grupo mas eu estou me acostumando mais e passei a gostar. Eu acho que isso favorece sim a aprendizagem. Favorece a relação com os colegas de turma e a exposição de ideias e entender um pouco do outro, isso é muito interessante. Eu acho melhor as aulas práticas em grupo, não individuais, pois, em grupo, você pode ver as ideias do outro, pensar um pouco sobre a sua e esclarecer melhor o assunto que está sendo abordado.” (Aluno 02)

“Acredito sim que o trabalho em grupo favoreceu a aprendizagem, melhorou bastante porque a gente pôde ver diferentes pontos de vista, divergências, que isso também favorece a aprendizagem e não seria melhor se as práticas fossem individuais” (Aluno 03)

“Com certeza, a junção de várias ideias diferentes ajuda muito a aprendizagem, a vários raciocínios lógicos. Então, com certeza, o grupo favoreceu muito ao experimento e às previsões. Então, seria muito melhor se continuasse com tal metodologia de aprendizagem com vários grupos e, com certeza, com mais pessoas para terem mais linhas de raciocínio.” (Aluno 07)

“Acredito sim, porque, como eu já disse, quando tá em grupo, todo mundo vai conversando e trocando os conhecimentos aí aprende mais fácil.” (Aluno 12)

“Eu acho que o trabalho em grupo ajuda todo mundo, um complementa o outro e assim vai. Eu acho que mais de uma cabeça pensa melhor.” (Aluno 13)

“Favoreceu sim, pois no trabalho em conjunto há maior quantidade de ideias na qual podemos repassar aquilo que aprendemos e aprender o que ainda não sabemos. Por mim, todas as práticas seriam em grupo.” (Aluno 16)

“Sim porque podemos compartilhar ideias e conhecimentos.” (Aluno 19)

“Por mais que eu me sentisse envergonhado em falar o que achava antes do experimento, acho que o trabalho em grupo é importante nesse caso pois ninguém tem

certeza de nada e é bom discutir com alguém para saber sua opinião, ver o que é possível acontecer. Individual seria muito ruim.” (Aluno 23)

“Sim. Dependendo da forma como é trabalhado o grupo. Algumas práticas sim, são boas para serem em grupo. E outras não, porque o professor ele pode reparar os que realmente estão interessados e aprendendo” (Aluno 26)

“O trabalho em grupo foi bem melhor porque facilitou e porque cada um dizia a sua ideia e no final a gente juntou tudo e respondeu.” (Aluno 30)

Percebemos aqui o que falam Libâneo (2004) e Vygotsky (2007) sobre a necessidade do debate e do compartilhamento de ideias em uma atividade investigativa. É possível notar que a interação dialética entre os membros do grupo permite a apropriação do conhecimento a partir do diálogo com os demais.

A partir do debate e compartilhamento de ideias, os estudantes interiorizam as funções psicológicas superiores. Por isso, o trabalho investigativo em equipes se revela uma ferramenta bastante eficaz. Isso sem contar que há interação dos alunos com o professor e com o material de trabalho da aula, que funcionam como mediadores no processo de aprendizagem.

Uma limitação desse tipo de atividade é evidenciada pelo comentário do Aluno 26. De fato, em atividades coletivas, perde-se, ainda que um pouco, a percepção do indivíduo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o desempenho dos alunos, registrados na descrição das aulas, e a avaliação qualitativa realizada com os mesmos, percebe-se que os roteiros de aula propostos nesta metodologia atendem ao objetivo de transformar o estudante em agente do seu próprio processo de aprendizagem, além de fazer com que ele se sentisse motivado a arriscar respostas aos problemas apresentados e comprová-los.

As definições de Bonwel e Eison (1991) acerca do que significa aprendizagem ativa auxiliaram muito na elaboração deste trabalho, sempre apontando para uma maior participação dos estudantes nas aulas e, especialmente, chamando a atenção que devemos dar mais espaço para o desenvolvimento de habilidades e competências do que limitarmos nossa ação à mera transmissão de conhecimentos.

Em meio aos debates dos grupos, foi possível perceber o quanto as relações sociais foram significativas na internalização do conhecimento. O sóciointeracionismo de Vygotsky também esteve presente na forma dos signos que mediaram o contato entre os estudantes e os objetos de estudo apresentados. Além disso, a partir dos relatos feitos durante e após as investigações, foi possível delimitar a zona de desenvolvimento proximal a atuar nela, tanto ao longo das atividades quanto nos momentos de aula expositiva.

O ensino por investigação se apresentou, ao longo deste trabalho, como uma ferramenta importantíssima no processo de ensino/aprendizagem. Os problemas conseguiram despertar o interesse dos estudantes e motivá-los na busca por soluções. Os elementos de pesquisa científica, inseridos nas aulas, tornaram as ações em sala bastante produtivas.

No entanto, propor novas metodologias de ensino é sempre uma tarefa difícil, pois sempre traz consigo a necessidade de revisão e crítica do trabalho docente. Trata-se de uma ação de extrema complexidade, especialmente quando já se tem larga experiência na profissão. Arriscar-se em algo novo coloca o profissional em uma área de instabilidade, na qual o fracasso é uma possibilidade real.

Há que se considerar também que os docentes que hoje pesquisam e desenvolvem novos métodos em educação passaram, na maioria dos casos, por um ensino tradicional pautado quase que exclusivamente em aulas expositivas e exercícios descontextualizados.

É relevante destacar que o acerto do aluno, durante uma das práticas propostas neste texto, não é tão significativo quanto os caminhos adotados por ele para se chegar à resposta. Não se trata de reduzir o valor da resposta correta mas sim de promover uma educação científica que gere autonomia nos estudantes.

Os relatórios dos alunos, citados ao longo do Capítulo 5, nos revelam como eles conseguiram desenvolver uma atitude científica ao longo das investigações, de que modos buscaram comprovar suas hipóteses e o que representaram os resultados obtidos para as ideias iniciais.

A proposta de ensino por investigação, apresentada neste texto, não tem a pretensão de transformar os alunos em cientistas tampouco de fazer com que eles descubram as mesmas leis físicas definidas no passado (AZEVEDO, 2006). É preciso considerar que o conhecimento científico é construído e reformulado ao longo dos anos e com o envolvimento de muitas pessoas. Não é possível reconstruir anos de pesquisa científica em uma atividade em sala de aula nem mesmo resumir uma infinidade de experimentos em uma única prática. O grande foco da metodologia é despertar o interesse do aluno, torná-lo mais receptivo aos novos conhecimentos através da problematização e do debate com os colegas e com o professor.

Cabe chamar a atenção que essa atividade investigativa, por si só, não é capaz de conduzir e formar o aluno. Por isso, é importante atrelar a prática à um momento de aula expositiva que utilize os próprios apontamentos dos estudantes como ponto de partida. Desse modo, podemos comparar as concordâncias e discordâncias das observações com a teoria. Por isso, é vital que o docente esteja atento e acompanhe as conclusões dos grupos. Em resumo, é justamente a partir da verbalização dos alunos que o professor pode intervir na zona de desenvolvimento proximal.

É significativo também destacar o caráter inovador desta proposta metodológica. Agregar a ideia de aprendizagem ativa, ensino por investigação e sociointeracionismo deu origem à uma estratégia de ensino que, além de viável para várias realidades de sala aula, pode potencializar o processo de ensino/aprendizagem e ajudar na construção de uma efetiva educação científica.

Com essa metodologia, é possível fazer do estudante um agente no seu próprio processo de aprendizagem, desenvolvendo suas habilidades e capacidades. Além disso, torna-o mais receptivo aos momentos de aula expositiva.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson, 2006.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.
- BLOSSER, P.E. **O papel do laboratório no ensino de ciências**. Tradução M.A Moreira. Cad. Cat. Ensino de Física, 5 (2), pg 74-78, 1988.
- BONWELL, C., EISON, J. A. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. ASHE-ERIC Higher Education Report N0. 1, Washington D.C., 1991
- BORDENAVE, J. D., PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. Petrópolis: Vozes, 2012.
- CABALLER, M.J., ONÑORBE, A. **Resolución de problemas y Actividades de Laboratorio**. Em Carmen, L. del (ed.). Cuadernos de Formación del profesorado de educación secundaria: Ciencias de la naturaleza. Barcelona: Horsori, 1997.
- CAMPOS, M. M. **A Formação de professores para crianças de 0 a 10 anos: modelos em debate**. Educação & Sociedade, v.20, n.68, p.126-142, dez. 1999. (Número especial: Formação de profissionais da educação: políticas e tendências.)
- CARVALHO, A.M.P. et al. **El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase**. Investigación en la Escuela, (25), p. 60-70, 1995.
- CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí. Editora Unijuí, 2011.
- CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA (1999), **La Ciencia para el siglo XXI – Un nuevo compromiso**, Budapest. UNESCO, Paris, 2000.
- ESCUADERO, C. **Resolución de problemas em física: herramienta para reorganizar significados**. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis/BRA, UFSC, v.12 n.02, p.95-106, 1995.
- FOUREZ, G. **Alfabetización Científica Y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires. Ediciones Colihue, 1997.
- GIL, D. E CASTRO V., P. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo**. Enseñanza De Las Ciências, 14 (2), p. 155-163, 1996.
- GIL PÉREZ, D., TORREGROSA, J. M. **La Resolución de Problemas de Física: Una Didáctica Alternativa**. Madrid/ESP: Ministerio de Educación y Ciencia; ed. Vicensvives, 1987.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. **¿Alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía? Un debate crucial.** Cultura y Educación, 2004.

GRANGER, G. G. **A ciência e as ciências.** São Paulo. Editora da Unesp, 1994.

HODSON, D. **In Search of a Meaningful Relationship: an exploration of some issues relating to integratin in science and science education.** International Journal of Science Education. 14(5), p. 541-566, 1992.

LEWIN, A.M.F. e LOMÁSCOLO, T.M.M. **La metodología científica en la construcción de conocimientos.** Enseñanza de las ciencias, 20 (2), p. 147-1510, 1998.

LIBÂNEO, J.C. **A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade.** Revista Educar, Curitiba, n.24: p.113-147, 2004.

LUCCI, M. A. **A Proposta de Vygotsky: A Psicologia Sócio Histórica. Profesorado.** Revista de currículum y formación del profesorado, Universidad de Granada, Espanha, v. 10, n.o 2, 2006, p. 1-11.

LUDKE, M., André, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas.** 2a. ed. Rio de Janeiro: GEN, 2013

MEC/CENAFOR. **Reinventando a prática do orientador educacional e do supervisor escolar: a prática em questão.** São Paulo: CENAFOR, 1983.

MOREIRA, M.A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de física.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** 2 ed. São Paulo: EPU, 1999.

PEDUZZI, Luiz O.Q. **Sobre a resolução de problemas no ensino da física.** In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis/BRA, UFSC, v.14 n.3, p.229-253, 1997.

PICKERING, Miles. **Are Lab Courses a Waste of Time?** The Chronicle of Higher Education, p. 80, February 19, 1980.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Gómez M. A. **Aprender y Enseñar Ciencia.** Madrid/ESP: Morata, 1998.

POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

REGO, C.R. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação.** 5. ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1998.

REID, D. V., HODSON, D. **Ciencia para todos en secundaria.** Madrid. Narcea, 1993.

SANTOS, W. L. P., SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** Ijuí. Editora Unijuí, 2007.

TORRANCE, E. P., TORRANCE, J. P. **Pode-se ensinar criatividade?** São Paulo: EPU, 1974.

VASCONCELLOS, C. **Construção do Conhecimento em Sala de Aula.** 18. Ed. São Paulo: Libertad, 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 2007.

APÊNDICE A – TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR

Muito se fala em transformar a sala de aula, inúmeras ideias são apresentadas e projetos esboçados. No entanto, no cotidiano de uma escola, poucas vezes observamos uma mudança significativa em algum aspecto. No geral, permanecemos nas mesmas condições e sala de aula se resume a um espaço quase que exclusivo de aulas expositivas. Esse método não deve, de maneira alguma, ser abolido. Devemos reconhecer sua importância. Por outro lado, podemos até mesmo potencializar os momentos expositivos agregando outras metodologias à dinâmica da sala de aula.

Uma proposta viável e com bons resultados é a do ensino por investigação. Ao longo de vários anos, tanto o trabalho de pesquisa quanto a experiência com essa abordagem têm mostrado resultados de extrema relevância. Nela, os alunos são inseridos em uma investigação que se assemelha, em alguns aspectos elementares, a de um pesquisador.

Os estudantes passam a ser agentes no processo de ensino/aprendizagem, envolvendo-se muito mais com os conteúdos. Essa condição exige também uma nova postura do docente, que passa a ter mais o trabalho de propor os problemas e orientar os trabalhos de pesquisa e formulação de hipóteses.

Por isso, o presente material disponibiliza roteiros e orientações para o desenvolvimento de atividades investigativas em sala de aula no ensino de física. Alguns dos temas elementares da óptica geométrica são aqui abordados, trazendo todas as orientações necessárias para a aplicação dessa proposta.

Inicialmente, definiremos o que é o ensino por investigação e no que consiste o método. Em seguida, em oito capítulos, trazemos orientações específicas para cada tema.

Fortaleza, março de 2017

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	70
CAPÍTULO 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS MEIOS MATERIAIS E DAS FONTES DE LUZ	78
CAPÍTULO 2 - SOMBRA E PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ	82
CAPÍTULO 3 - FORMAÇÃO DE IMAGENS EM CÂMARA ESCURA	87
CAPÍTULO 4 - CÂMARA ESCURA: RELAÇÃO MATEMÁTICA	92
CAPÍTULO 5 - CORES	96
CAPÍTULO 6 - ECLIPSE	101
CAPÍTULO 7 - REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS PLANOS	105
CAPÍTULO 8 - ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS	109
REFERÊNCIAS	114
ANEXO 01 – QUESTÕES SOBRE A PROPAGAÇÃO DA LUZ E FORMAÇÃO DE SOMBRA	115
APÊNDICE A – MODELO DE CARTÃO COM CÍRCULOS COLORIDOS	117

INTRODUÇÃO

Bonwell e Eison (1991) destacam que o termo aprendizagem ativa é um termo que não é precisamente definido na literatura, apenas algumas características gerais que costumeiramente são associadas com o uso de estratégias para se promover a aprendizagem:

- Estudantes estão envolvidos nas atividades. Não apenas ouvem as lições;
- Menor ênfase em transmissão da informação e mais destaque ao desenvolvimento das atividades dos estudantes;
- Estudantes são exigidos em uma ordem mais alta de raciocínio: análise, síntese e avaliação;
- Estudantes engajam-se nas atividades;
- Grande ênfase à exploração e investigação dos estudantes.

Nesse contexto, as pesquisas em ensino de ciências indicam que atividades investigativas causam grande impacto tanto no que tange à aprendizagem quanto ao desenvolvimento dos conhecimentos conceituais dos estudantes. Essas atividades não podem se resumir a meras manipulações ou observações: é necessário que contenham elementos de um trabalho científico (AZEVEDO, 2006). Isso é possível com atividades que exijam reflexão, debate, formulação de hipóteses e registros por parte dos estudantes. Para atender essa demanda, temos o ensino por investigação. Trata-se de uma modalidade de aprendizagem ativa muito eficaz para o ensino de ciências. Nela, os alunos são inseridos em uma investigação científica. A partir de um problema, precisam estruturar hipóteses, buscar evidências, analisar resultados e chegar a conclusões. Um dos aspectos mais significativos dessa abordagem é o de auxiliar os estudantes tanto no aprender quanto no fazer ciência. Além disso, os alunos que passam por esse método desenvolvem uma maturidade maior em relação ao conhecimento científico, já que passam a compreender melhor como ele é estruturado, modificado e desenvolvido com o passar dos anos.

Gil e Castro (1996) indicam alguns pontos importantes para que se tenha uma orientação investigativa das práticas experimentais, entre eles, destacam-se:

1. Apresentar situações-problema abertas com um nível adequado de dificuldade.
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas. É necessário que se dê sentido ao objeto de estudo para evitar que a aprendizagem ocorra de forma descontextualizada.
3. Potencializar análises qualitativas significativas, que auxiliem na compreensão e na delimitação das situações em estudo. A finalidade é abandonar o operativismo cego,

pois o aluno necessita ter consciência dos passos que está adotando, especialmente quando precisa alcançar uma formulação matemática para o problema investigado.

4. Fazer da elaboração de hipóteses o centro da investigação científica além de insistir na necessidade de se fundamentar essas hipóteses.

5. Dar a devida atenção para o planejamento e o desenvolvimento do projeto executados pelos alunos.

6. Considerar o exame dos resultados (interpretação física, confiabilidade, etc.), levando em consideração o corpo de conhecimentos disponível, as hipóteses levantadas e os resultados obtidos pelas outras equipes.

Face aos resultados, deve-se favorecer as revisões tanto do plano investigativo quanto das hipóteses sempre quando necessário. Também é fundamental ter atenção aos conflitos que normalmente ocorrem entre os resultados do experimento e as concepções iniciais dos estudantes, é justamente nesse choque que teremos mudanças conceituais no pensamento dos alunos.

7. Conceder especial importância à elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam servir de base para ressaltar o papel da comunicação e o debate na atividade científica. Isso pode ser feito solicitando um pequeno relatório da atividade experimental indicando as concepções iniciais, plano de trabalho e resultados.

8. Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico organizando equipes de trabalho e facilitando a interação tanto entre os grupos quanto entre seus próprios componentes. Desse modo, é possível construir um corpo de conhecimentos com a orientação do professor.

Cabe destacar que resultados individuais ou de uma única equipe não são suficientes para corroborar ou negar uma hipótese e que o conjunto de conhecimentos é resultante da cristalização do trabalho realizado pela comunidade científica e expressão do consenso alcançado em um dado momento.

Para que se possa explorar ao máximo o potencial de uma atividade investigativa, é de fundamental importância que essa ação gire em torno de um problema. É ele que fundamentará e tornará a atividade significativa para o aluno (CARVALHO ET AL., 1995). Uma investigação eficaz deve levar à formulação de hipóteses, discussão de ideias divergentes, planejamento e execução de experimentos além da análise de resultados, esses elementos atuam fortemente tanto na motivação do aluno quanto no seu próprio desenvolvimento conceitual, metodológico e atitudinal (LEWIN; LOMÁSCLO, 1998).

Além desses aspectos, há um outro fator essencial para a aprendizagem: a interação do aluno com o ambiente escolar e demais colegas. Uma atividade investigativa requer debate e compartilhamento de experiências, o que nos remete a uma interação dialética na qual o indivíduo se apropria do conhecimento a partir de sua comunicação com os outros estudantes (LIBÂNEO, 2004, VYGOTSKY, 2007) .

Segundo Azevedo (2006), a grande finalidade do ensino por investigação é fazer com que o estudante pense, debata, justifique suas ideias e aplique seus conhecimentos teóricos e matemáticos em situações novas. Neste texto, trabalhamos com quatro modalidades de atividade investigativa: demonstrações investigativas, laboratório aberto, questões abertas e problemas abertos.

Demonstrações Investigativas: Podemos classificar como demonstração experimental investigativa qualquer demonstração que tenha, como ponto de partida, a apresentação de um problema ou fenômeno que conduza à uma investigação.

Ainda são poucos os alunos de ensino médio que têm contato rotineiro com práticas experimentais. Quando isso ocorre, é comum que o experimento sirva apenas para ilustrar uma teoria já estudada ou que se esteja trabalhando no momento. Pickering (1980) considera esse tipo de caso como sendo concepção errônea das práticas laboratoriais, mesmo no ensino superior, pois a maior parte das teorias científicas estão fundamentadas em numerosos e sofisticados experimentos o que torna inviável o propósito de ilustração em curto tempo proposto. Mesmo que se considere as limitações de uma simples prática experimental, é possível ampliar sua contribuição fazendo uma investigação sobre os fenômenos relacionados ao experimento.

Por exemplo, na eletrostática, ao apresentarmos o gerador de Van der Graaff a uma turma e lançarmos a questão “o que acontece com os cabelos de uma pessoa que coloca suas mãos sobre a esfera metálica do gerador?” é possível, por ser um experimento muito famoso, que alguns alunos respondam prontamente que os fios de cabelo ficarão “arrepiaados”. Apesar de conhecerem o resultado final, é provável que nenhum deles tenha conhecimento da explicação científica para o fenômeno, o que limita o entendimento e a associação com outras situações semelhantes como: a atração de pêlos do corpo por aparelhos de televisão ou objetos que passaram por algum atrito, os pelos eriçados após uma brincadeira em um escorregador ou, até mesmo, os cabelos “rebeldes” quando se acorda pela manhã.

Diante desse quadro, é necessário que o professor construa com seus alunos um caminho entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico. Isso pode ocorrer através da investigação e do questionamento sobre o fenômeno observado.

A partir do problema apresentado ou gerado na discussão, parte-se para a formulação de hipóteses, na busca de uma explicação científica para a questão. Os estudantes devem utilizar toda a sua experiência na construção da resposta e de conceitos no debate.

Passadas discussões e reflexões, o docente deve, a partir das respostas dos alunos, sistematizar as explicações e confrontá-las com a teoria já estabelecida. A grande preocupação, neste momento, deve ser com a descrição científica do caso e desenvolver a representação matemática do fenômeno se necessário.

Lewin e Lomáscolo (1998) consideram atividades dessa natureza como investigativas pois conduzem o aluno a participar do processo de formulação de hipóteses e análise de resultados sobre um problema apresentado pelo professor. Para o ensino de física, aulas com esse tipo de demonstração podem trazer uma série de contribuições como destaca Azevedo (2006): perceber as concepções espontâneas dos alunos, valorizar a investigação em sala de aula, aproximar a prática de uma investigação científica, aumentar tanto a participação quanto a interação do aluno, valorizar a interação do estudante com o fenômeno estudado, valorizar a aprendizagem de atitudes e possibilitar a criação de conflitos cognitivos.

Laboratório Aberto: Nesta modalidade, os estudantes devem responder a uma questão a partir de um experimento. Para tanto, é necessário que o problema proposto não seja muito específico e estimule a curiosidade científica. O objetivo principal será responder à essa pergunta. Exemplos de pergunta, em física térmica, seriam: “O que acontece com as moléculas de água enquanto ela é aquecida?”, “Como podemos transferir calor de um corpo para outro?”, “Por que, preferencialmente, posicionamos aparelhos de ar condicionado próximos ao teto?”, “Por que o Sol facilita a secagem de roupas?”.

Após a proposta do problema, os alunos devem buscar uma resposta a partir da formulação de hipóteses. Após esse trabalho de elaboração, os estudantes devem criar um plano de trabalho e utilizar os materiais que possuem à disposição para construir um experimento que comprove suas concepções iniciais. Após a montagem do experimento, os alunos devem analisar os dados da forma mais adequada para a atividade: equações, gráficos, tabelas, descrições, etc. É de suma importância que o professor mostre que essa análise é essencial em um trabalho científico.

Por fim, os estudantes devem formalizar suas respostas fazendo uma discussão acerca da validade ou negação das hipóteses iniciais bem como sobre as consequências derivadas delas.

Questões Abertas: Tratam-se de problemas que abordam fatos que fazem parte do cotidiano dos estudantes. Além disso, a explicação deve estar relacionada a conceitos discutidos e construídos em atividades anteriores.

Podemos citar como exemplos, em eletromagnetismo: “Por que observamos fenômenos de atração e repulsão em ímãs?”, “Como podemos produzir uma corrente elétrica tendo, em mãos, apenas um fio metálico e um ímã?”, “Como um detector de metais identifica uma arma de fogo escondida?”.

Questões abertas podem ser respondidas tanto em pequenos grupos quanto individualmente. É muito importante que se faça um registro por escrito da resposta, independente da metodologia de avaliação e objetivos da atividade. É possível apenas recolher e corrigir as respostas como também abrir uma discussão em sala a partir das soluções apresentadas pelos estudantes. Neste último caso, o docente deve sistematizar as respostas destacando os pontos que mais se aproximaram de uma resposta correta do ponto de vista científico.

Problemas Abertos: Tratam-se de situações mais gerais, nas quais seja necessário estabelecer as condições de contorno bem como as possíveis soluções. A atividade investigativa deve conduzir à matematização dos resultados.

Azevedo (2006) destaca que, além de ser interessante ao estudante, a pergunta proposta deve envolver, preferencialmente, a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. De início, os alunos terão que realizar uma análise quantitativa do caso na formulação de hipóteses, delimitação das condições de contorno e análise dos limites de validade da hipótese. Passada essa fase, é interessante que os estudantes consigam resolver problemas numéricos relacionados à pergunta inicial.

Um exemplo seria “quando misturamos etanol e gasolina em um carro flex, há alteração no rendimento do combustível?”.

A partir dessa questão, os estudantes irão debater analisando o que poderia influenciar no resultado: quais são os rendimentos do etanol e da gasolina separadamente? Quando misturamos, temos um rendimento intermediário? Como a proporção de cada combustível influencia no resultado final? Ao docente, cabe o papel de coordenador do debate sem, obviamente, apresentar a solução para o problema.

Ao fim dessa etapa qualitativa, deve-se utilizar as informações obtidas nos debates para uma resolução algébrica. Os próprios alunos podem atribuir os valores numéricos da grandezas relevantes (determinadas pelas condições de contorno) e tentar chegar a uma estimativa.

Da mesma forma como com as questões abertas, faz-se necessário um registro escrito tanto para acompanhar o desempenho dos estudantes quanto para que os alunos se apropriem do conhecimento construído ao longo da atividade.

Para todos os roteiros de aula propostos neste texto, iremos adotar sempre a mesma sequência de passos para a sua implementação.

Inicialmente, a sala deve ser organizada em grupos de, no máximo, seis integrantes cada. Por uma questão de praticidade, o ideal é orientar os alunos para que se unam aos colegas mais próximos. Além de reduzir o tempo com os deslocamentos de estudantes para as equipes, é provável que o grau de afinidade entre os membros do grupo seja maior por já terem o costume de estarem próximos nas aulas convencionais. Essa característica é fundamental para o andamento das discussões pois os discentes não ficam tão temerosos em expor suas ideias. Há que se ter atenção para o caso de alunos que, quando estão juntos, se dispersam com brincadeiras e conversas paralelas. Para não comprometer a atividade, devem ser separados. Outro ponto importante diz respeito à distribuição dos grupos na sala. Deve-se deixar o maior espaçamento possível entre eles pois a investigação requer debate contínuo.

Feita a disposição das equipes, um membro deve ser escolhido para fazer o registro da investigação. Deve-se orientar para que esse aluno seja o mais detalhista possível, tomando nota de todas as ideias lançadas na discussão bem como dos procedimentos adotados para se chegar à resposta e conclusões. Uma folha de papel ofício A4 deverá ser entregue para esse relatório que deverá contar, também, com os nomes dos componentes.

O próximo passo é a apresentação de um problema através de um questionamento. Fundamentalmente, essa pergunta precisa gerar o debate e despertar a curiosidade. Para tanto, não deve ser muito específica justamente para promover a multiplicidade de ideias e conclusões. Antes do recebimento de qualquer material, os grupos precisam formular uma ou mais hipóteses a respeito do problema.

Depois que as equipes chegam às respostas iniciais. Deve-se entregar o material para investigação, realizar-se um experimento demonstrativo ou discutir-se as respostas (a depender da atividade proposta). A principal característica desse material é a de não exigir um algoritmo: os grupos precisam desenvolver uma forma de comprovar ou refutar suas hipóteses elaborando seu próprio plano de trabalho. No caso de um experimento demonstrativo realizado pelo professor, os grupos precisam identificar evidências que comprovem ou refutem suas hipóteses.

Enquanto as equipes discutem e desenvolvem seus procedimentos investigativos, é de suma importância que o professor circule pela sala, de modo a acompanhar as atividades e orientar os grupos com dificuldades. Essa orientação não consiste em fornecer respostas tampouco em conduzir a prática dos estudantes. O ideal é que, por meio de perguntas, o docente leve os alunos a refletir e encontrar caminhos.

Feitos os registros, um membro de cada grupo deve ser escolhido, de preferência aquele que fez as anotações, para expor à sala um resumo do que foi desenvolvido pela equipe destacando as principais conclusões. O professor deve estar atento à fala dos alunos para perceber a ideias semelhantes e diferentes entre os grupos.

A partir dessas ideias, o docente faz uma breve abordagem expositiva do conteúdo, apontando convergências e divergências entre as conclusões da turma. Dessa forma, o professor estabelece um confronto entre o conhecimento formal e os resultados obtidos da prática.

Podemos resumir esse método investigativo em sete passos fundamentais:

- a) Organizar a sala em grupos;
- b) Lançar uma questão para os alunos;
- c) Promover um debate nos grupos (formulação de hipóteses)
- d) Entregar material para prática ou realizar experimento demonstrativo (se houver);
- e) Solicitar conclusões dos alunos;
- f) Debater, com a sala toda, os resultados obtidos;
- g) Confrontar esses resultados com a teoria

É importante destacar que os procedimentos aqui descritos não tem o propósito de estipular uma regra rígida mas apenas apresentar passos que sirvam de referência para que o professor estruture sua própria metodologia. Até porque, em sala de aula, encontramos uma infinidade de realidades diferentes até dentro de uma mesma escola. Não há fórmula que se aplique em todos os ambientes. Por isso, o docente, com sua experiência e conhecimento da turma, deve elaborar o plano de investigação adequado para a sua realidade.

Entretanto, alguns pontos são essenciais para o sucesso de uma abordagem investigativa. O primeiro ponto importante é a organização da sala em grupos para debate e investigação. O segundo é a pergunta que norteará a discussão. Se o professor considerar conveniente, pode elaborar mais de uma pergunta. O único cuidado aqui é o de adequar os questionamento ao período da aula a fim de que os alunos tenham tempo hábil para realizar a

investigação. O terceiro e último ponto é o compartilhamento de ideias entre alunos e professor.

CAPÍTULO 01 - CLASSIFICAÇÃO DOS MEIOS MATERIAIS E DAS FONTES DE LUZ

Nesta aula, iremos buscar meios de agrupar objetos com algum aspecto de semelhança entre si. Essa atividade nos conduzirá para a classificação das fontes de luz em primárias e secundárias.

1.1 Objetivos

- Diferenciar fontes primárias e secundárias de luz;
- Perceber as diferenças de propagação da luz em cada meio material;
- Classificar os materiais.

1.2 Tipo de atividade investigativa

Questão aberta.

1.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);

1.4 Procedimento

Uma lista de objetos deve ser apresentada às equipes, isso pode ocorrer por meio de projeção, folha impressa ou escrita na lousa (no roteiro, optou-se pela folha impressa). Abaixo, segue uma sugestão de lista:

Tabela 1 – Lista de Objetos

Lista de Objetos	
Estrela	Tela de TV Ligada
Lua	Projektor Multimídia (ligado)
Sol	Vidro
Planeta	Fotografia
Atmosfera	Lente
Fogo	Lupa
Vidro	Flash de Câmera Fotográfica (quando

	acionado)
Lâmpada Acesa	Óculos
Lâmpada Apagada	Espelho
Tela de Cinema	Objetos Fosforescentes (quando brilham)
Papel Vegetal	Vidro Fosco

Fonte: elaborada pelo autor.

Em sequência, lança-se a seguinte questão:

Baseado na ideia de luz, como poderíamos agrupar os objetos da lista?

Os alunos devem criar um critério de classificação e agrupar os itens a partir dessa definição. É importante que o docente deixe claro que os grupos têm total liberdade para escolher esse critério, de acordo com o que julgarem mais lógico e conveniente.

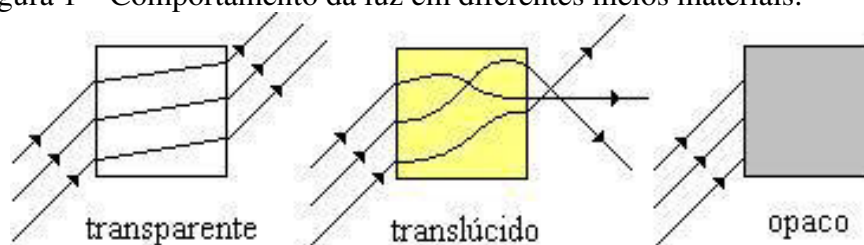
Ao final da atividade, os grupos expõem suas ideias e o professor apresenta tanto a classificação dos meios materiais (transparentes, translúcidos e opacos) bem como a classificação das fontes de luz (primárias e secundárias).

1.5 Fundamentação Básica

Nesta atividade, podemos abordar tanto a classificação das fontes de luz quanto a dos meios (as duas podem ser feitas em uma mesma aula).

No caso da classificação das fontes de luz, corpos capazes de emitir luz própria são denominados corpos luminosos ou fontes primárias. Nesse grupo, encontram-se o Sol, as estrelas, lâmpadas acesas, etc. Já os que apenas refletem a luz que recebem de outros corpos, são chamados de corpos iluminados ou fontes secundárias. É o caso da Lua, planetas e do próprio corpo humano, por exemplo.

Figura 1 – Comportamento da luz em diferentes meios materiais.



Fonte: <http://polemicascmm.blogspot.com.br/2012/09/meios-transparentes-translucidos-e.html>.

Em relação aos meios materiais, é possível classificá-los em transparentes, translúcidos ou opacos (Fig. 1.1). Através de meios transparentes, como o vidro comum e o ar, podemos enxergar objetos com nitidez já que a luz segue uma trajetória regular no seu interior.

Em meios translúcidos, como o vidro fosco e o papel vegetal, a luz segue uma trajetória irregular e a visualização de um objeto ocorre sem nitidez. Quando a luz não consegue atravessar um meio material, como ocorre com a madeira ou uma parede de concreto, não é possível observar o objeto e o meio é denominado opaco.

É importante notar que os objetos listados na tabela 1 podem aparecer nas duas classificações. Nesse caso, poderíamos agrupá-los da seguinte maneira:

Tabela 2 – Objetos agrupados

Fontes de Luz	
Primárias	Secundárias
Estrela	Vidro
Projektor Multimídia	Lua
Sol	Vidro
	Fotografia
Tela de TV Ligada	Lente
Fogo	Lupa
Flash de Câmera Fotográfica (quando acionado)	Atmosfera
Lâmpada Acesa	Óculos
-	Espelho
-	Tela de Cinema
-	Vidro Fosco
-	Papel Vegetal
-	Lâmpada Apagada
-	Planeta

Fonte: elaborada pelo autor.

1.6 Plano de Aula 01 – Classificação das Fontes de Luz

Tempo estimado: 50 min.

1.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar fontes primárias e secundárias de luz; • Classificar os materiais.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Classificação das Fontes de Luz.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 em branco (por equipe); • Uma folha A4 com lista de materiais (por equipe).

1.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega de folha A4 com lista de materiais; • Entrega de folha A4 em branco, para as anotações das equipes; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Lança-se a seguinte questão: Baseado na ideia de luz, como poderíamos agrupar os objetos da lista? • A partir dessa pergunta, os alunos devem elaborar critérios de classificação e agrupar os materiais da lista; • Ao final dos registros, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada, os critérios de classificação escolhidos e a forma como os materiais foram organizados.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Em uma abordagem expositiva, apresentar as classificações dos meios materiais e das fontes de luz, destacando as semelhanças e diferenças em relação aos resultados apresentados pelas equipes.

1.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 02 - SOMBRA E PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ

A partir de quatro situações, vamos tratar da propagação retilínea da luz bem como associá-la à formação de sombra e penumbra.

2.1 Objetivos

- Identificar a propagação retilínea da luz;
- Associar o fenômeno de sombra à propriedade da propagação retilínea da luz.

2.2 Tipo de atividade investigativa

Questão aberta.

2.3 Material

- Duas folhas A4 por equipe com atividade impressa.
- Uma folha A4 por equipe (relatório);

2.4 Procedimento

Cada equipe recebe o material impresso com quatro questões sobre a propagação da luz (Anexo 01). Os alunos deverão debater as situações apresentadas e respondê-las sem realizar qualquer tipo de teste ou experimento.

Além desse material, uma quinta pergunta também deve ser lançada para a sala:

Que característica da luz justifica as respostas das questões?

Essa pergunta deve ser feita no início da atividade para que os alunos tentem identificar a propagação retilínea da luz.

Terminado o tempo para discussão, cada equipe expõe suas conclusões e o professor finaliza apresentando para a turma a solução das quatro primeiras questões destacando a propriedade da propagação retilínea da luz que é, justamente, a resposta da última pergunta. Se for possível, é interessante que o docente reproduza experimentalmente as quatro situações trabalhadas para favorecer a aprendizagem.

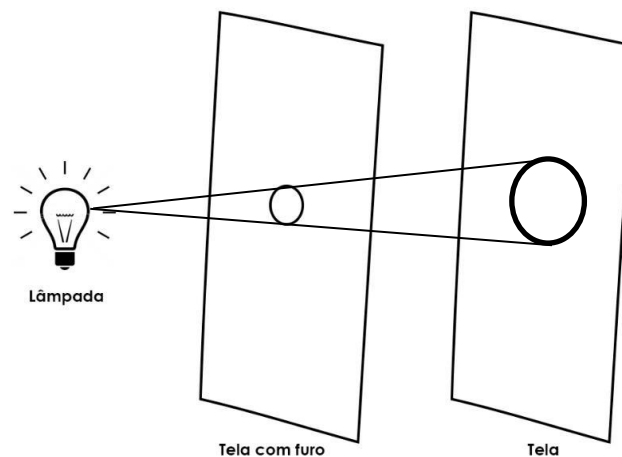
2.5 Fundamentação Básica

O princípio da propagação retilínea da luz nos diz que, em meios transparentes e homogêneos, a luz se propaga em linha reta. Quando falamos em homogêneo, estamos referindo-nos a uma região que tem as mesmas características em todas as partes que compõe o seu volume.

Podemos entender o ar contido em pequenos ambientes (uma sala de aula ou um escritório) como transparente e homogêneo. No entanto, nossa atmosfera não atende à essa classificação. À medida em que vamos subindo, o ar vai ficando mais rarefeito e com menor quantidade de vapor de água. Como consequência, teremos mudanças significativas tanto na pressão quanto na temperatura do ar e isso irá interferir na trajetória dos raios de luz o que faz da atmosfera um meio heterogêneo.

Quando um corpo opaco está diante de uma fonte de luz, uma parte da radiação será interceptada por esse material criando uma região onde a luz não chega, essa região é denominada sombra. Se esse corpo estiver próximo de sua sombra, veremos suas bordas com nitidez. À medida em que se afastar, deixaremos de observar essa nitidez. Isso ocorre porque, quando estamos distantes de uma fonte de luz (próximos da sombra) fazemos com que ela se comporte como uma fonte pontual. No caso de estarmos mais distantes da sombra, a fonte de luz poderá funcionar como uma fonte extensa. Esse último caso fará com que ela consiga iluminar parcialmente a região das bordas que passam a ser classificadas como penumbra. A região mais escura de uma sombra é chamada de umbra.

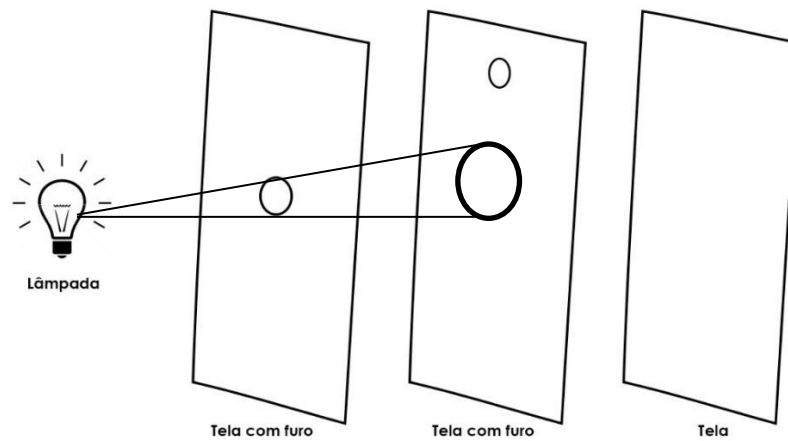
Figura 2 – Propagação da Luz em anteparo com orifício.



Na primeira questão, devemos observar um cone de luz que criará uma região circular na tela (Fig. 2).

Já na segunda, como há um desnível entre as telas com furo, não observaremos nenhuma área iluminada na última tela (Fig. 3).

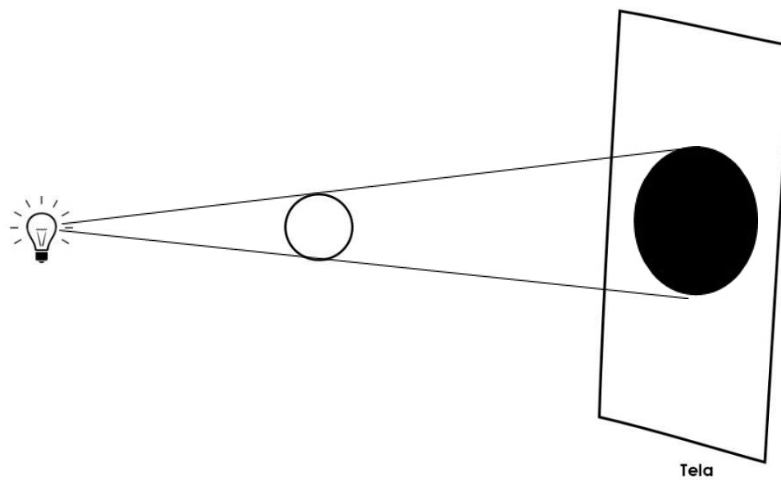
Figura 3 – Propagação da luz em duas telas com orifício.



Fonte: Autor, 2016.

Na terceira situação, teremos a formação de uma sombra circular e de maior diâmetro que o objeto (Fig. 4).

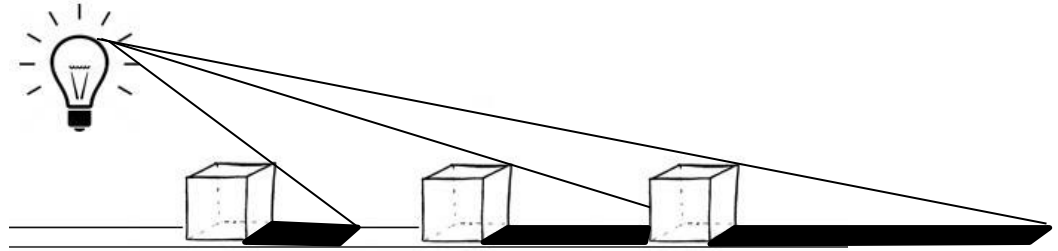
Figura 4 – Formação de sombra em tela.



Fonte: Autor, 2016.

Na última questão, observaremos um aumento na sombra com o aumento da distância (Fig. 5).

Figura 5 – Formação de sombra em três objetos.



Fonte: Autor, 2016.

Em todos os casos, a principal justificativa para as respostas apresentadas é a propagação retilínea da luz.

2.6 Plano de Aula 02 – Sombra e Propagação Retilínea da Luz

Tempo estimado: 50 min.

2.6.1 Plano

OBJETIVOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a propagação retilínea da luz; • Associar o fenômeno de sombra à propriedade da propagação retilínea da luz. 	
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Princípio da Propagação Retilínea da Luz; • Sombra (Penumbra e Umbra). 	
RECURSOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Duas folhas A4 por equipe com atividade impressa. 	• Uma folha A4 em branco (por equipe);

2.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega de material impresso: quatro problemas sobre propagação da luz e formação de sombra; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade. 	
DESENVOLVIMENTO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar a solução dos quatro problemas da folha, apresentar mais uma questão: Que característica da luz justifica as respostas das questões? • Em seguida, orientar os alunos para que tentem responder a essa questão ao longo da atividade, todas as conclusões devem ser registradas no material; • Ao final dos registros, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada para cada um dos problemas e qual característica da luz esteve presente em todos eles. 	
CONCLUSÃO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Em uma abordagem expositiva, apresentar o princípio da propagação retilínea da luz e como essa propriedade está relacionada com a formação de sombra. Essa abordagem deve destacar as semelhanças e diferenças nos resultados apresentados pelas equipes. 	

2.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 03 - FORMAÇÃO DE IMAGENS EM CÂMARA ESCURA

Nesta aula, vamos investigar a formação de imagens em câmaras escuras com destaque à propagação retilínea da luz. O ideal é que se tenha uma câmara para cada grupo que será formado bem como uma para a demonstração do professor. Esta última não deve estar completamente montada para que os alunos observem como o material que têm em mãos foi produzido.

Para a construção de uma câmara, são necessários:

- Uma lata de leite em pó;
- Uma folha de cartolina preta;
- Um pedaço de papel vegetal suficiente para cobrir a abertura da lata;
- Uma tesoura;
- Um prego e um martelo;
- Cola.

De início, na parte inferior da lata, faça um pequeno furo utilizando o prego e o martelo. Este orifício deve ser pequeno e perfeitamente circular. Em seguida, cubra a parte superior da lata com o papel vegetal (no lugar da tampa), será nossa tela de projeção. Por fim, passe cola na lateral da lata e a enrole com a cartolina deixando a extremidade com furo da lata na borda (Fig. 6).

Figura 6 – Montagem de uma câmara escura. (a) Com um prego e um martelo, fazemos um pequeno furo no fundo da lata. (b) Cobrimos a abertura da lata com papel vegetal. (c) Envolvermos a lata com cartolina preta.



(a) (b) (c)
 Fonte: <http://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2012/03/como-fazer-uma-camera-escura.html>.

3.1 Objetivos

- Perceber como se formam imagens em uma câmara escura;

- Relacionar a formação de imagens em uma câmara escura com a propagação retilínea da luz.

3.2 Tipo de atividade investigativa

Demonstração Investigativa.

3.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);
- Uma câmara escura para cada equipe e outra para a apresentação do professor.

3.4 Procedimento

Após a divisão das equipes, o professor apresenta a sua câmara escura parcialmente montada a fim de mostrar os materiais que a constituem e como estão posicionados no experimento. É importante que os alunos compreendam bem a estrutura da câmara para a investigação que será feita.

Em seguida, cada equipe recebe uma câmara e deve responder à seguinte questão:

Ao observar o ambiente com a câmara, como são as imagens formadas? Como podemos explicar as características dessa imagem?

Na etapa final da aula, cada equipe apresenta suas respostas e o professor apresenta o funcionamento de uma câmara escura relacionando-a com a propagação retilínea da luz.

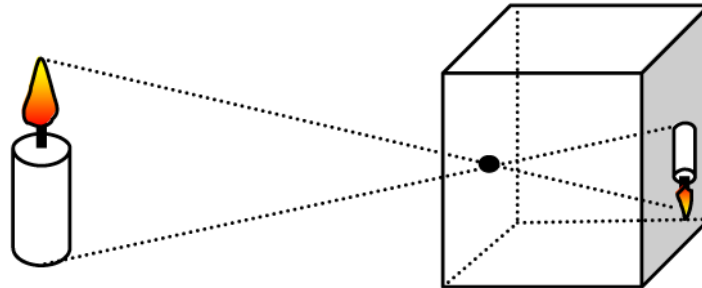
3.5 Fundamentação Básica

Através da câmara escura proposta, observamos imagens invertidas projetadas no papel vegetal. O princípio da propagação retilínea da luz justifica esse fenômeno.

Cada ponto do objeto para o qual direcionamos a câmara emite ou reflete luz em todas as direções. No entanto, formarão a imagem na tela apenas aqueles raios que passarem pelo orifício da câmara. Desse modo, os raios que saem da parte superior do objeto só conseguem atingir a tela na região inferior do papel vegetal. Ao mesmo tempo, raios que

partem das áreas mais baixas do objeto só conseguem passar pelo orifício atingindo a parte superior da tela (Fig. 3.2).

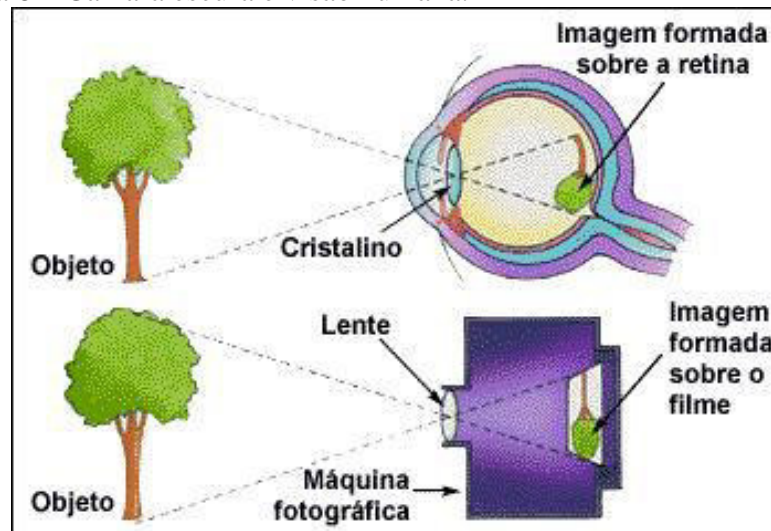
Figura 7 – Formação de imagens em uma câmara escura.



Fonte: <https://girlsphotographers.wordpress.com/2013/06/06/camara-escura/>.

Podemos também estabelecer um paralelo com a visão humana. Nossos olhos funcionam como câmaras escuras: A pupila é o orifício (ou obturador, no caso das câmeras fotográficas), o cristalino atua como uma lente convergente e a retina como uma tela de projeção.

Figura 8 – Câmara escura e visão humana.



Fonte: <http://fotoselentes.blogspot.com.br/2012/10/comparacao-da-camera-fotografica-com-o.html>.

No caso de nossa visão, podemos dividi-la em três etapas básicas, de modo a facilitarmos a compreensão:

1. Estímulo: as radiações na faixa do espectro visível humano, quer sejam elas provenientes de fonte primária ou secundária, são capazes de estimular nosso sentido.
2. Recepção: A radiação penetra pela pupila, atravessa o cristalino e atinge a retina, onde temos a formação da imagem.

3. Sensação: Apesar da imagem formada na retina ser invertida, nosso cérebro processa as informações que são transmitidas a partir do olho e oferece a sensação de uma imagem direita.

3.6 Plano de Aula 03 – Formação de Imagens em Câmara Escura

Tempo estimado: 50 min.

3.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Perceber como se formam imagens em uma câmara escura; • Relacionar a formação de imagens em uma câmara escura com a propagação retilínea da luz.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Princípio da Propagação Retilínea da Luz; • Formação de Imagens em Câmara Escura.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 por equipe (relatório); • Uma câmara escura para cada equipe e outra para a apresentação do professor.

3.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega da câmara escura e de uma folha A4 por equipe; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar uma câmara escura parcialmente montada. É importante que os alunos percebam como a câmara escura que eles têm em mãos está estruturada; • Os grupos devem observar como as imagens aparecem na tela da câmara. (Aconselha-se direcioná-la para um ambiente externo, de muita claridade. Caso não seja possível, pode-se observar a chama de uma vela na própria sala.) • Em seguida, lança-se a seguinte questão para debate nos grupos: Ao observar o ambiente com a câmara, como são as imagens formadas? Como podemos explicar as características dessa imagem? • Ao final da discussão, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada para cada um dos problemas e qual característica da luz esteve presente em todos eles.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Em uma abordagem expositiva, discutir como as imagens são formadas em uma câmara escura destacando as semelhanças e diferenças em relação aos resultados apresentados pelas equipes; • Estabelecer um paralelo entre a câmara escura e a visão humana.

3.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 04 - CÂMARA ESCURA: RELAÇÃO MATEMÁTICA

Nesta aula, vamos analisar a geometria envolvida em uma câmara escura com a finalidade de desenvolver uma relação matemática que nos ajude a relacionar os tamanhos do objeto e da imagem, a distância do objeto à câmara e a profundidade da câmara (a distância do orifício de entrada da luz até a tela de projeção).

A partir desse desenvolvimento, vamos solucionar um problema proposto.

4.1 Objetivos

- Relacionar o tamanho de uma imagem com a distância do objeto à câmara escura;
- Identificar a geometria envolvida na formação de imagens em uma câmara escura;
- Desenvolver uma relação matemática entre as medidas de uma câmara escura.

4.2 Tipo de atividade investigativa

Problema aberto.

4.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);
- Uma câmara escura para cada equipe (a mesma do capítulo anterior);
- Uma régua por equipe.

4.4 Procedimento

Após a divisão das equipes e entrega do material, o professor faz uma breve revisão do processo de formação de imagens em uma câmara escura apresentando um esquema como o da Figura 07, isso pode ser feito tanto por meio de um desenho no quadro quanto por uma projeção ou mesmo impresso.

Na sequência, lança-se para a turma o seguinte questionamento:

O que acontece com a imagem formada na câmara escura quando aproximamos ou afastamos o objeto dela?

É fundamental que, enquanto realizam os testes, os estudantes também tomem nota das medidas envolvidas: tamanho do objeto utilizado e da imagem formada, distância do objeto à câmara e profundidade da câmara. Para isso, deve-se utilizar a régua fornecida no início da atividade. Essa orientação deve ser dada de modo muito claro às equipes antes do início dessa atividade.

Após o registro das observações, os estudantes devem utilizar os dados coletados para resolver uma segunda questão:

Como podemos relacionar, matematicamente, os tamanhos da imagem e do objeto com as dimensões da câmara escura e o seu distanciamento do objeto?

Neste momento, é importante que o professor incentive os grupos a buscarem uma relação matemática utilizando a geometria.

Na fase final da atividade, o professor solicita que um representante de cada equipe exponha as conclusões obtidas e a relação matemática que construíram para a câmara escura. Após as apresentações, o docente trata do tema, de forma expositiva, a partir dos resultados fornecidos pelos alunos.

Observação: Caso seja possível, a investigação inicial, sobre o tamanho das imagens e distanciamento da câmara, pode ser realizada em ambiente externo com a substituição da régua por uma trena.

4.5 Fundamentação Básica

Por conta da propagação retilínea da luz, podemos estabelecer uma semelhança de triângulos usando os raios que partem dos extremos do objeto (Fig. 9).

Observe que ABO e $A'B'O$ são semelhantes (Fig. 9). Dessa forma, podemos estabelecer a seguinte relação matemática:

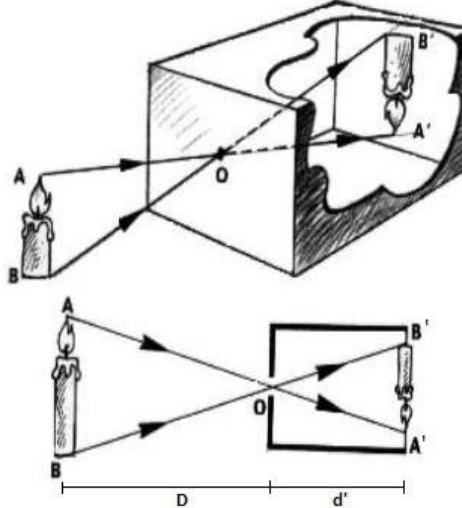
$$\frac{AB}{D} = \frac{A'B'}{d'} \quad (01)$$

Onde:

- AB é o tamanho do objeto;
- $A'B'$ é o tamanho da imagem;
- D é a distância do objeto à câmara;

- d' é a profundidade da câmara.

Figura 9 – Formação de imagem em câmara escura.



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=31339>.

Utilizando a câmara escura e, baseado na equação acima, verifica-se que a imagem aumenta quando o objeto é aproximado e diminui quando ele é afastado. Essa conclusão também pode ser relacionada com a noção de perspectiva, importante tanto na fotografia quanto no desenho.

4.6 Plano de Aula 01 – Câmara Escura: Relação Matemática

Tempo estimado: 1h40min.

4.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar o tamanho de uma imagem com a distância do objeto à câmara escura; • Identificar a geometria envolvida na formação de imagens em uma câmara escura; • Desenvolver uma relação matemática entre as medidas de uma câmara escura.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Câmara Escura.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 por equipe (relatório); • Uma câmara escura para cada equipe (a mesma do capítulo anterior); • Uma régua por equipe.

4.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega da câmara escura, régua e de uma folha A4 por equipe; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Fazer uma breve revisão sobre a formação de imagens em uma câmara escura apresentando um esquema básico da situação; • Lançar o seguinte questionamento: O que acontece com a imagem formada na câmara escura quando aproximamos ou afastamos o objeto dela? Para resolver essa questão, os alunos devem tomar nota das medidas envolvidas: tamanho do objeto utilizado e da imagem formada, distância do objeto à câmara e profundidade da câmara. • Finalizada a investigação inicial, uma nova questão é proposta: Como podemos relacionar, matematicamente, os tamanhos da imagem e do objeto com as dimensões da câmara escura e o seu distanciamento do objeto? • Ao final da investigação, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada para cada um dos problemas e qual a relação matemática foi encontrada pelo grupo.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Em uma abordagem expositiva, discutir como as medidas de uma câmara escura trabalhadas na atividade podem ser relacionadas matematicamente, destacando as semelhanças e diferenças em relação aos resultados apresentados pelas equipes.

4.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 05 - CORES

Nesta aula, vamos realizar um estudo das cores a partir de folhas de papel celofane e um cartão com círculos coloridos. Como trata-se de um laboratório aberto, o material será entregue mas os alunos terão liberdade de manuseá-lo da maneira que julgarem mais conveniente podendo, inclusive, utilizar outros objetos que tiverem em mãos.

1.1 Objetivos

- Identificar os fatores que interferem na percepção de cores de um objeto;
- Compreender os processos de reflexão seletiva e refração seletiva da luz;

1.2 Tipo de atividade investigativa

Laboratório Aberto.

1.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);
- Três folhas de papel celofane, por equipe, nas cores: azul, verde e vermelho;
- Um cartão, para cada equipe, com três círculos coloridos, as cores devem ser as mesmas do papel celofane (Anexo 02).

1.4 Procedimento

Após a divisão das equipes e sem entregar o material ainda, o professor faz o seguinte questionamento:

O que acontece com a cor de um objeto quando o cobrimos com papel celofane colorido?

Nesse primeiro momento, os estudantes devem discutir e formular hipóteses em seus respectivos grupos. É fundamental esclarecer, ao longo dessa etapa, que a equipe deverá buscar uma comprovação de suas ideias iniciais a partir do material a ser entregue.

Após a formulação de hipóteses, cada grupo recebe as três folhas de papel celofane bem como o cartão com os círculos coloridos. Os alunos deverão descrever, com o

máximo de detalhes possível, qual será a linha de trabalho adotada na atividade com descrição clara da sequência de passos dados.

Feita a investigação, a equipe deve tomar nota sobre a comprovação ou refutação de suas hipóteses.

Por fim, um representante de cada grupo apresenta suas conclusões e o docente apresenta o conhecimento estabelecido sobre cores a partir das conclusões dos grupos.

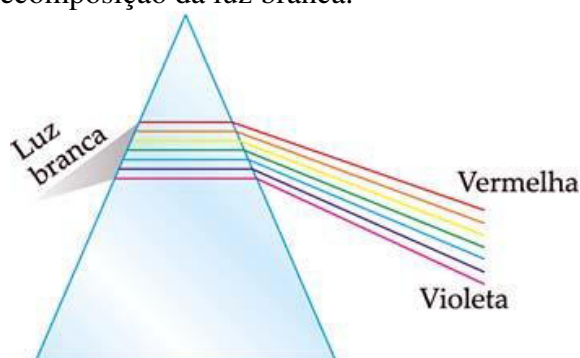
Observação: é importante esclarecer para o aluno que, caso o experimento entre em contradição com as ideias iniciais, estas não devem ser retiradas do relatório final. Isso porque um trabalho científico não necessariamente resulta naquilo que se imaginava previamente.

1.5 Fundamentação Básica

Do ponto de vista físico, podemos dizer que o que entendemos por cor se resume apenas a uma experiência fisiológica que ocorre no olho do observador. Quando notamos determinada cor em um objeto, não estamos a caracterizar como ele é de fato mas, simplesmente, como ele nos parece. Isso não depende apenas das características do objeto e da luz incidente, mas também do olho do observador. Uma pessoa que tenha deficiência para cores na visão certamente não enxergará o ambiente da mesma forma que outra com visão normal.

A frequência da luz que incide em nossos olhos é fundamental neste processo de detecção. A frequência mais baixa que nossos olhos conseguem captar aparenta ser vermelha para a maior parte das pessoas, já a frequência mais alta aparenta ser violeta. Entre elas, encontraremos as demais cores e todas as suas tonalidades. Quando temos uma composição com todas as frequências do espectro visível, temos a luz branca (Fig. 10).

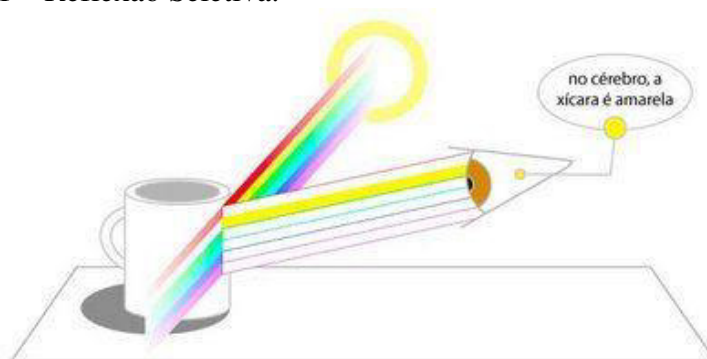
Figura 10 – Decomposição da luz branca.



Fonte: <http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/550.htm>.

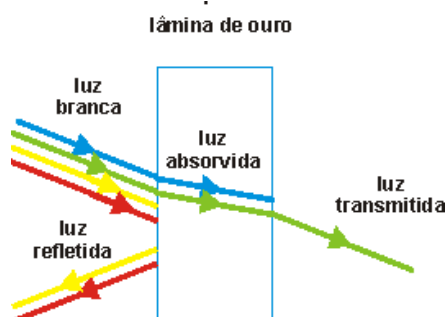
A maioria dos objetos que observamos no cotidiano refletem melhor a luz do que a emitem. Mas essa radiação refletida é apenas uma parte daquela que incidiu sobre o objeto. O processo depende da frequência natural de vibração de seus elétrons. A este fenômeno, damos o nome de reflexão seletiva (Fig. 11).

Figura 11 – Reflexão Seletiva.



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=27067>

Figura 12 – Refração Seletiva.

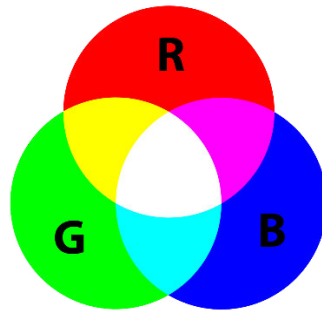


Fonte: <http://www.alfaconnection.pro.br/fisica/luz/cores/as-cores-na-natureza/>

Já com o papel celofane, ocorre também um outro processo denominado refração seletiva (Fig. 12). Quando a luz atravessa um pedaço de papel celofane colorido, a pigmentação do material consegue absorver/refletir todas as cores contidas na luz branca com exceção de uma que é, exatamente, aquela cor que detectamos na folha.

No experimento, escolhemos as cores vermelha, azul e verde justamente porque se tratam das cores aditivas primárias. São elas que caracterizam o sistema RGB (Red-Green-Blue) (Fig. 13) presente em monitores de computador e aparelhos televisores.

Figura 13 – Representação básica do sistema RGB.



Fonte: <https://pt.stackoverflow.com/questions/19363/por-que-verde-azul-amarelo-mas-no-rgb-amarelo-verde-e-vermelho>

5.6 Plano de Aula 01 – Classificação das Fontes De Luz

Tempo estimado: 1h40min.

5.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os fatores que interferem na percepção de cores de um objeto; • Compreender os processos de reflexão seletiva e refração seletiva da luz.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Cores.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 por equipe (relatório); • Três folhas de papel celofane, por equipe, nas cores: azul, verde e vermelho; • Um cartão, para cada equipe, com três círculos coloridos, as cores devem ser as mesmas do papel celofane (Anexo 2).

5.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega de uma folha A4 por equipe; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Após a organização das equipes, lançar o seguinte questionamento: O que acontece com a cor de um objeto quando o cobrimos com papel celofane colorido? • Orientar os grupos para que formulem suas hipóteses; • Em seguida, entregar as folhas de papel celofane bem como o cartão com círculos coloridos, solicitando que as equipes registrem o plano de investigação que pretendem seguir; • Ao final da investigação, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas quais passos foram adotados na investigação além dos resultados obtidos.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Em uma abordagem expositiva, tratar sobre como a luz e as propriedades do objeto observado influenciam na cor que percebemos. Além disso, abordar os conceitos de refração seletiva e reflexão seletiva.

5.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 06 - ECLIPSE

Nesta aula, vamos tratar tanto da definição de eclipse quanto discutir as diferenças entre os eclipse solar e lunar. Além disso, vamos relacioná-lo com a ideia de sombra e penumbra o que nos leva à propriedade da propagação retilínea da luz.

6.1 Objetivos

- Compreender o fenômeno do eclipse e quando pode ocorrer;
- Identificar as diferenças entre os eclipses do Sol e da Lua;
- Associar o fenômeno do eclipse com a propriedade da propagação retilínea da luz.

6.2 Tipo de atividade investigativa

Questão aberta.

6.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);

6.4 Procedimento

Uma lista de objetos deve ser apresentada às equipes, isso pode ocorrer por meio de projeção, folha impressa ou escrita na lousa (no roteiro, optou-se pela folha impressa). Abaixo, segue uma sugestão de lista:

Feita a divisão das equipes, o professor distribui as folhas A4 e propõe as seguintes situações-problema:

1. *Por que o eclipse lunar é mais frequente que o solar?*
2. *Por que, durante um eclipse do Sol, algumas regiões visualizam o fenômeno parcialmente?*

Enquanto os grupos tentam chegar a um consenso em suas ideias, o professor deve circular pela sala e acompanhar as equipes, a fim de orientar as discussões e questionar os caminhos adotados pelos alunos.

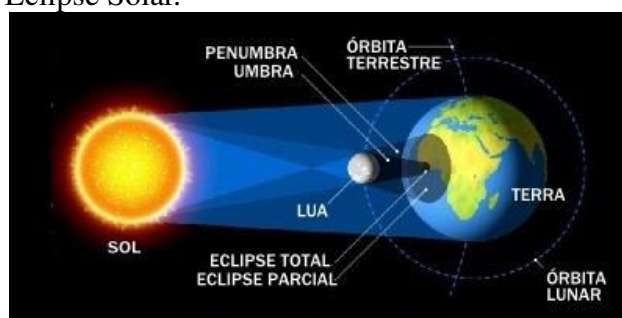
Após essa etapa, um membro de cada equipe expõe para a sala as hipóteses levantadas no debate. Em seguida, o professor utiliza as ideias apresentadas pelos grupos para tratar dos eclipses solar e lunar bem como de suas diferenças.

6.5 Fundamentação Básica

Terra e Lua projetam, do lado oposto ao Sol, uma região de sombra. Quando a trajetória de uma delas atravessa a região de sombra projetada pela outra, temos um eclipse. Desse modo, identificamos dois fenômenos: quando a lua projeta uma região de sombra sobre a Terra denominamos eclipse solar e quando a lua passa pela região de sombra projetada pela Terra denominamos eclipse lunar.

A imagem abaixo (Fig. 14) caracteriza um eclipse solar:

Figura 14 – Eclipse Solar.



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/eclipse.htm>

Note que, por conta do tamanho do Sol, observamos uma região de sombra (eclipse total) e outra de penumbra (eclipse parcial). As demais regiões do planeta não percebem nenhuma alteração em relação à radiação solar. Isso significa que, quando ocorre um eclipse solar, apenas uma pequena parcela da população consegue observar o fenômeno.

Na figura seguinte, temos a representação de um eclipse lunar:

Figura 15 – Eclipse Lunar.



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/eclipse.htm>

No eclipse solar, a Lua é pequena demais para projetar uma sombra na Terra inteira. Já no eclipse lunar, a situação é diferente. A Lua pode ocupar perfeitamente a região de sombra e qualquer pessoa que esteja no lado do planeta voltado para ela consegue observar o eclipse (Fig. 15). É por isso que eles são vistos com maior frequência.

6.6 Plano de Aula 01 - Eclipse

Tempo estimado: 50 min.

6.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o fenômeno do eclipse e quando pode ocorrer; • Identificar as diferenças entre os eclipses do Sol e da Lua; • Associar o fenômeno do eclipse com a propriedade da propagação retilínea da luz.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Eclipse.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 por equipe (relatório).

6.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega da câmara escura, régua e de uma folha A4 por equipe; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Lançar as seguintes questões para o debate dos alunos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por que o eclipse lunar é mais frequente que o solar? 2. Por que, durante um eclipse do Sol, algumas regiões visualizam o fenômeno parcialmente? • Ao final da investigação, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada e as hipóteses discutidas.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Em uma abordagem expositiva, abordar as características dos eclipses solar e lunar, além de destacar as diferenças entre os dois fenômenos.

6.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 07 - REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS PLANOS

Após tratarmos da propagação retilínea da luz, vamos analisar como se dá a reflexão de um feixe em um espelho. Nesta prática, os estudantes deverão identificar, em uma montagem esquemática, qual ou quais observadores perceberão a reflexão de um feixe de luz refletido em um espelho plano.

7.1 Objetivos

- Compreender as propriedades básicas da reflexão da luz;
- Verificar o princípio da reversibilidade dos raios de luz.

7.2 Tipo de atividade investigativa

Demonstração Investigativa.

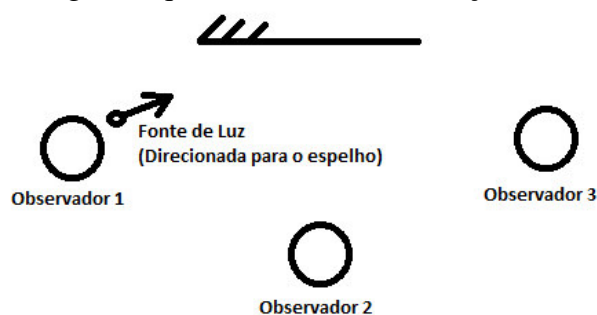
7.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);
- Um espelho plano;
- Um laser pointer (ou uma lanterna de celular, desde que se utilize um tubo para o direcionamento dos raios).

7.4 Procedimento

Terminada a divisão das equipes, o professor entrega as folhas A4 e apresenta o experimento que será realizado na sala com um espelho, uma fonte de luz e três observadores posicionados (Fig. 16).

Figura 16 – Montagem esquemática da demonstração.



Fonte: Autor, 2016.

Após explicar como será, em linhas gerais, o experimento a ser realizado, o docente lança o seguinte problema para os alunos:

Algum dos observadores verá a luz refletida pelo espelho? Qual/Quais deles?

Durante a discussão dos grupos, o professor acompanha e orienta as equipes, dentro dos limites da proposta investigativa. Como se trata de um momento de formulação de hipóteses, os alunos não devem reproduzir o experimento antes de expor suas ideias.

Após essa etapa, um membro escolhido de cada equipe expõe a conclusão do grupo e, em seguida, o professor faz um resumo das hipóteses e realiza o experimento com o auxílio de três alunos.

Cada um deve se posicionar diante do espelho conforme o esquema da figura 16. O observador 1 deve ficar com a fonte de luz em sua mão e direcioná-la ao espelho. Com isso, verifica-se qual ou quais observadores percebem o raio refletido.

Por fim, o docente relaciona o experimento realizado com as hipóteses lançadas em sala para tratar da reflexão da luz em espelhos planos por meio de uma abordagem expositiva. Nela, também deve se destacar o princípio da reversibilidade da luz.

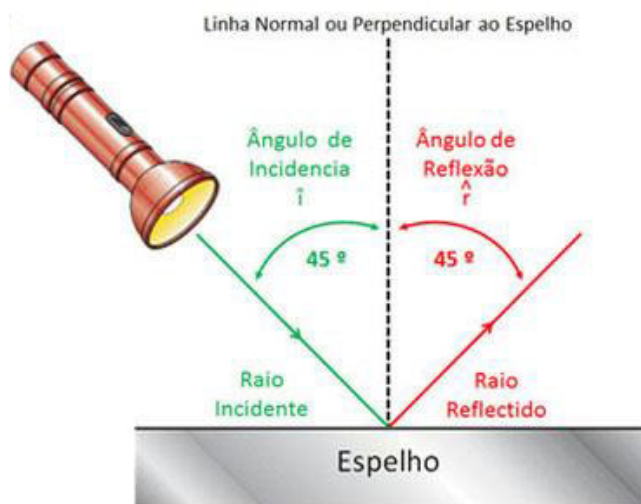
Obs.: Caso não se tenha um laser pointer, é possível utilizar uma lanterna LED de aparelhos celulares. Para que nos aproximemos de um feixe de luz, podemos utilizar um cilindro para direcionar os raios. Esse cilindro pode ser uma folha de papel enrolada, um cano PVC, etc.

7.5 Fundamentação Básica

Quando um raio de luz atinge uma superfície, obedece à seguinte lei da reflexão: o ângulo de incidência deve ser igual ao de reflexão (Fig. 7.2).

No caso do experimento realizado utilizando um espelho plano, o raio de luz refletido será direcionado apenas para o observador 3. Portanto, será o único a visualizar o fenômeno.

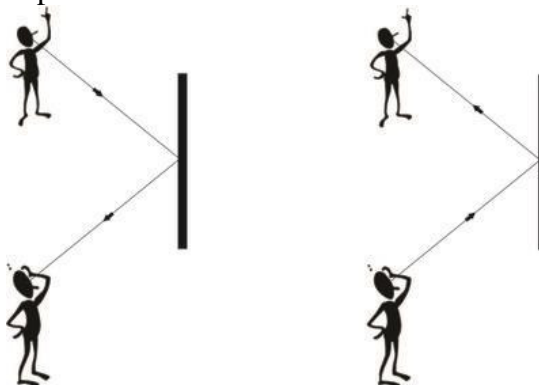
Figura 17 – Lei de Reflexão.



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

Além disso, essa situação nos permite tratar também do princípio da reversibilidade da luz, que nos diz que, quando um raio inverte seu sentido de propagação, segue exatamente pela mesma trajetória inicial (Fig. 7.3).

Figura 18 – Princípio da reversibilidade dos raios de luz.



Fonte: <http://polemicascmm.blogspot.com.br/2012/09/meios-transparentes-translucidos-e.html>.

No caso dessa prática, uma outra situação interessante seria perguntar aos estudantes se eles acham que algum dos observadores conseguirá ver outro por meio do espelho.

7.6 Plano de Aula 01 – Classificação das Fontes De Luz

Tempo estimado: 50 min.

7.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Compreender as propriedades básicas da reflexão da luz; • Verificar o princípio da reversibilidade dos raios de luz.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Reflexão da luz em espelhos planos; • Princípio da reversibilidade dos raios de luz.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 por equipe (relatório); • Um espelho plano; • Um laser pointer (ou uma lanterna de celular, desde que se utilize um tubo para o direcionamento dos raios).

7.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega da câmara escura, régua e de uma folha A4 por equipe; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar o esquema do experimento que será realizado em sala com três observadores diante de um espelho plano e uma fonte de luz; • Lançar o seguinte questionamento: Algum dos observadores verá a luz refletida pelo espelho? Qual/Quais deles? • Enquanto realizam os debates, os alunos não devem tentar reproduzir o experimento antes da exposição da hipóteses; • Ao final da investigação, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada para solucionar o problema.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar o auxílio de três estudantes para a demonstração experimental; • Realizar o experimento e verificar a solução do problema proposto; • Por meio de uma abordagem expositiva, explicar como se dá a reflexão da luz em um espelho plano bem como o princípio da reversibilidade dos raios de luz.

7.6.3 Avaliação

<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

CAPÍTULO 08 - ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS

Nesta aula, iremos investigar a formação de imagens quando temos uma associação de dois espelhos planos. A partir de um trabalho caracterizado como laboratório aberto, é possível analisar as condições de contorno do problema atingindo uma formulação matemática, o que torna viável tratarmos a atividade também como sendo um problema aberto.

8.1 Objetivos

- Uma folha A4 por equipe (relatório);
- Dois espelhos planos (por equipe), preferencialmente entre 8cm x 10cm;
- Um transferidor por equipe.

8.2 Tipo de atividade investigativa

Laboratório aberto/Problema Aberto.

8.3 Material

- Uma folha A4 por equipe (relatório);
- Dois espelhos planos (por equipe), preferencialmente entre 8cm x 10cm;
- Um transferidor por equipe.

8.4 Procedimento

Feita a disposição das equipes e a escolha de um membro para fazer o registro da investigação, uma folha de papel ofício A4 deve ser entregue para relatório.

O próximo passo é a apresentação de um problema através do seguinte questionamento: *Qual é o maior número de imagens que podemos obter de um objeto utilizando dois espelhos planos?*

Antes do recebimento de qualquer material, os grupos devem ter alguns minutos à disposição para formularem uma ou mais hipóteses a respeito do problema.

Depois que as equipes chegarem às respostas iniciais, entrega-se o material para investigação: dois espelhos planos de dimensões e um transferidor. A principal característica desse material é a de não exigir um algoritmo: os grupos precisam desenvolver uma forma de comprovar ou refutar suas hipóteses elaborando seu próprio plano de trabalho. Além disso, deve ser permitido o uso de qualquer outro material que os grupos tivessem à mão.

Após alguns minutos e finalizados os registros, um membro de cada grupo deve ser escolhido, preferencialmente aquele que fez as anotações, para expor à sala um resumo do que foi desenvolvido pela equipe destacando as principais conclusões.

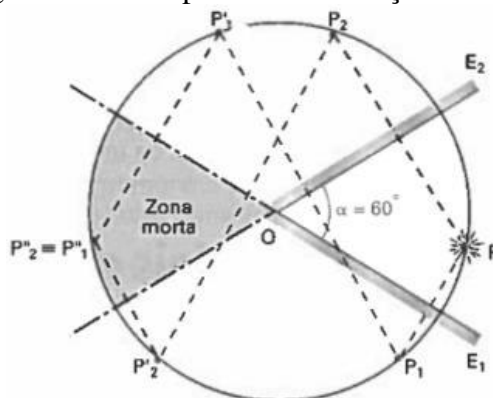
A partir dessas ideias, o docente faz uma breve abordagem expositiva do conteúdo, apontando convergências e divergências entre as conclusões da turma.

8.5 Fundamentação Básica

Um espelho plano se caracteriza por sua superfície lisa e plana que permite a reflexão regular dos raios de luz incidentes. No momento em que dois desses espelhos são associados de modo que se forme um ângulo α entre suas superfícies refletoras, é possível identificarmos a formação de múltiplas imagens. Entretanto, é fundamental destacar que o ângulo em questão precisa estar compreendido no intervalo $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$.

Na figura 8.1, temos o esquema básico para a formação de imagens em uma associação com ângulo $\alpha = 60^\circ$. Nela, temos um objeto P entre dois espelhos planos E1 e E2 bem como cinco imagens obtidas por essa montagem. Além disso, é possível analisar tanto a posição dessas imagens quanto a reflexão que as originou:

Figura 19 – Imagens formadas por uma associação de espelhos planos.



Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/optica/optica-geometrica/associacao-de-espelhos-planos/>.

As imagens P1 e P2 são formadas por simples reflexão nos espelhos E1 e E2, respectivamente. As imagens P'1 e P'2 são resultantes de um dupla reflexão, um espelho capta a imagem do outro. Já as imagens P''1 e P''2 são fruto de uma tripla reflexão e, além de serem iguais, estão posicionadas exatamente no mesmo lugar o que faz delas uma única imagem.

Sobre o número de imagens, para cada valor de α , teremos um valor específico. Isso pode ser obtido matematicamente pela equação:

$$N = \frac{360}{\alpha} - 1 \quad (01)$$

Onde N representa o número de imagens, e α o ângulo entre os espelhos. Vale ressaltar que essa expressão é válida, apenas, quando α é submúltiplo de 360° .

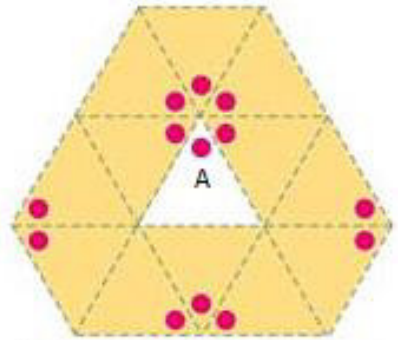
Desse modo, podemos concluir que, quanto menor for o valor do ângulo entre os espelhos, maior será o número de imagens formadas. Isso nos permite estabelecer o seguinte limite:

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{360}{\alpha} = \infty \quad (02)$$

A conclusão é que, quando os espelhos são associados em paralelo ($\alpha = 0^\circ$), identificamos um número infinito de imagens. No entanto, essa situação não condiz com a realidade e há dois fatores elementares que justificam essa discordância. O primeiro é que, à medida em que as reflexões aumentam no sistema, o ângulo visual de observação vai ficando cada vez menor a ponto de se impossibilitar a identificação da imagem. O segundo fator é a dissipação energia luminosa que, ao longo das inúmeras reflexões, vai sendo absorvida tanto pelo meio quanto pelos próprios espelhos.

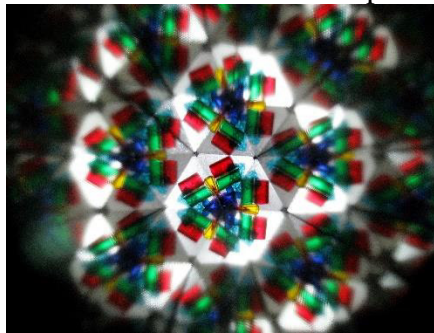
Uma aplicação interessante dessa associação de espelhos é o caleidoscópio. Utilizando pequenos espelhos planos, é possível criarmos uma série de imagens de um objeto, como representado nas figuras 20 e 21.

Figura 20 – Esquema básico de um caleidoscópio. A partir de um objeto (ponto A) e um conjunto de pequenos espelhos, é possível gerar múltiplas imagens (demais pontos).



Fonte: <https://limbicando.wordpress.com/tag/caleidoscopio/>.

Figura 21 – Imagem formada em um caleidoscópio.



Fonte: <https://limbicando.wordpress.com/tag/caleidoscopio/>.

8.6 Plano de Aula 01 - Associação de Espelhos Planos

Tempo estimado: 1h40min.

8.6.1 Plano

OBJETIVOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Perceber o que ocorre com as imagens de um objeto quando temos dois espelhos planos associados; • Identificar o quanto o ângulo entre os espelhos influencia no número de imagens; • Estabelecer uma relação matemática entre o ângulo entre os espelhos e o número de imagens formadas.
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:
<ul style="list-style-type: none"> • Associação de Espelhos Planos.
RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lousa; • Pincéis; • Uma folha A4 por equipe (relatório); • Dois espelhos planos (por equipe), preferencialmente entre 8cm x 10cm; • Um transferidor por equipe.

8.6.2 Procedimentos Metodológicos

INTRODUÇÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • Organização da sala em equipes de, no máximo, seis integrantes cada; • Entrega da câmara escura, régua e de uma folha A4 por equipe; • Cada grupo deve escolher um membro para fazer os registros da atividade.
DESENVOLVIMENTO:
<ul style="list-style-type: none"> • Lançar o seguinte questionamento: Qual é o maior número de imagens que podemos obter de um objeto utilizando dois espelhos planos? • Após a formulação das hipóteses iniciais, as equipes recebem dois espelhos planos e um transferidor para que possam comprovar suas respostas; • Sugerir a turma que tente encontrar alguma formulação matemática para a solução do problema; • Ao final da investigação, cada equipe escolhe um representante para expor aos demais colegas a linha de raciocínio adotada para cada um dos problemas e qual a relação matemática foi encontrada pelo grupo.
CONCLUSÃO:
<ul style="list-style-type: none"> • A partir das conclusões dos alunos, desenvolver uma abordagem expositiva sobre a associação de espelhos planos.

8.6.3 Avaliação

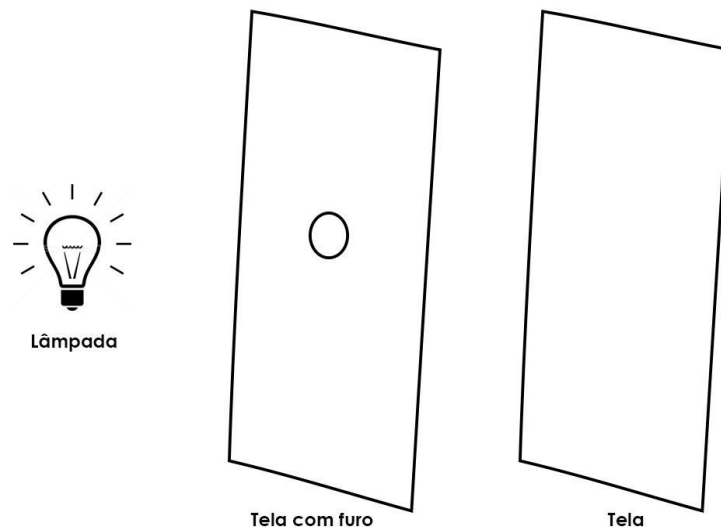
<ul style="list-style-type: none"> • Observação das atividades desenvolvidas nos grupos; • Análise dos relatórios elaborados pelos grupos.

REFERÊNCIAS

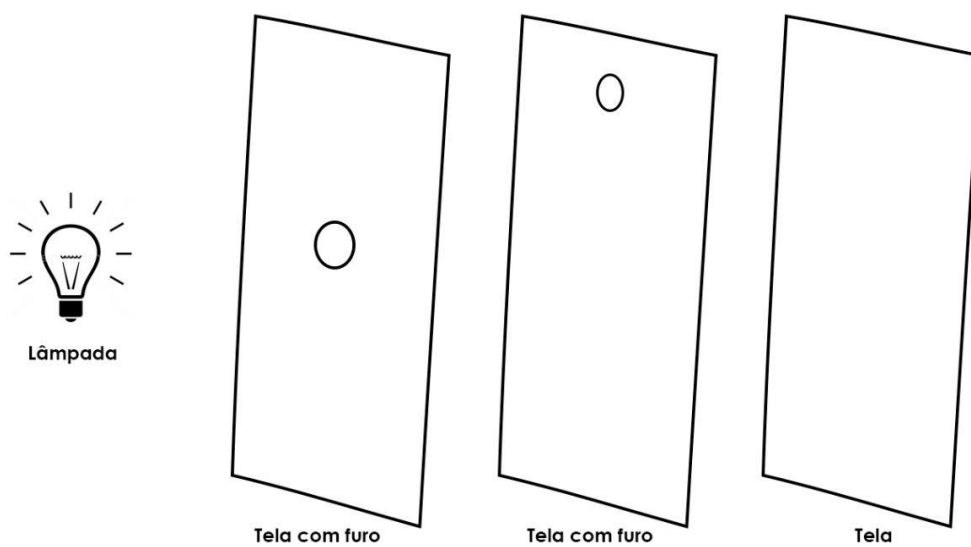
- AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson, 2006.
- BONWELL, C., EISON, J. A. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. ASHE-ERIC Higher Education Report N0. 1, Washington D.C., 1991
- CARVALHO, A.M.P. et al. **El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase**. Investigación en la Escuela, (25), p. 60-70, 1995.
- GIL, D. E CASTRO V., P. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo**. Enseñanza De Las Ciências, 14 (2), p. 155-163, 1996.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- LEWIN, A.M.F. e LOMÁSCOLO, T.M.M. **La metodología científica en la construcción de conocimientos**. Enseñanza de las ciencias, 20 (2), p. 147-1510, 1998.
- LIBÂNEO, J.C. **A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade**. Revista Educar, Curitiba, n.24: p.113-147, 2004.
- PICKERING, Miles. **Are Lab Courses a Waste of Time?** The Chronicle of Higher Education, p. 80, February 19, 1980.
- VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ANEXO 01 – QUESTÕES SOBRE A PROPAGAÇÃO DA LUZ E FORMAÇÃO DE SOMBRA

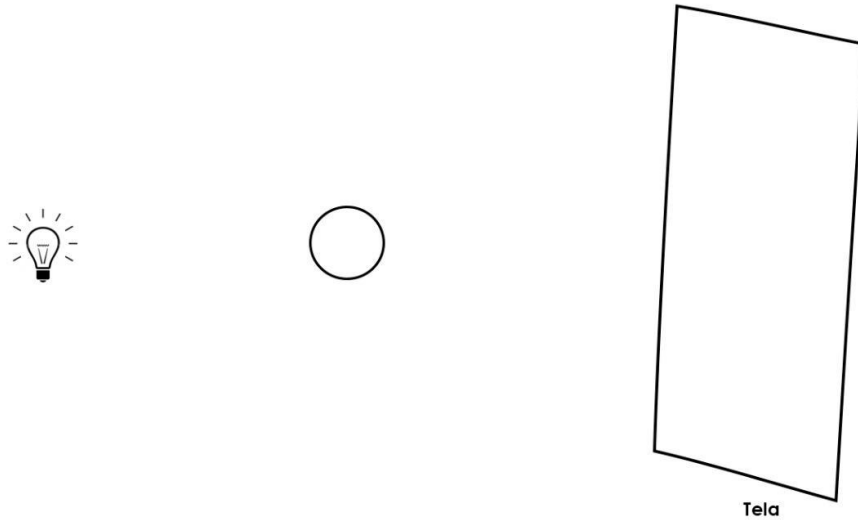
01) Quando acendemos a lâmpada, alguma região da tela ficará iluminada? Desenhe na figura abaixo e justifique sua resposta.



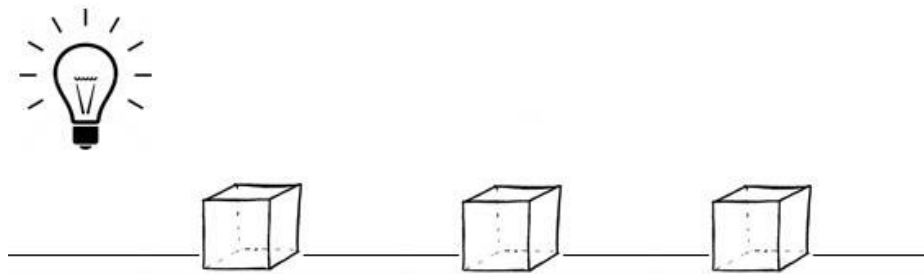
02) Quando acendemos a lâmpada, alguma região da tela ficará iluminada? Desenhe na figura abaixo e justifique sua resposta.



03) Como ficará a sombra na tela ao acendermos a lâmpada? Desenhe na figura abaixo e justifique sua resposta.



04) Uma lâmpada ilumina três blocos postos a diferentes distâncias dela. Desenhe a sombra de cada bloco. Justifique seu desenho.



ANEXO 02 – MODELO DE CARTÃO COM CÍRCULOS COLORIDOS