

Francisco Pazzini Couto

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM AULAS DE  
FÍSICA: REPERCUSSÕES NA MOTIVAÇÃO DOS  
ESTUDANTES, NA DIALOGIA E NOS  
PROCESSOS DE MODELAGEM**

Belo Horizonte  
2009

**Francisco Pazzini Couto**

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM AULAS DE  
FÍSICA: REPERCUSSÕES NA MOTIVAÇÃO DOS  
ESTUDANTES, NA DIALOGIA E NOS  
PROCESSOS DE MODELAGEM**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Sublinha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientador: Prof. Dr. Orlando Aguiar Júnior

Belo Horizonte

Faculdade de Educação da UFMG

2009

Dissertação defendida em 29 de outubro de 2009, pela banca examinadora constituída pelos professores

---

Prof. Dr. Orlando Aguiar Jr. – orientador  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Adelson Fernandes Moreira  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvania Sousa do Nascimento  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Porto Villani  
Faculdade Pitágoras

---

Prof. Dr. Hélder Figueiredo de Paula  
Universidade Federal de Minas Gerais

Dedico este trabalho a todos os professores, especialmente aos de Física, que todos os dias, tenazmente, se esforçam por disponibilizar um ensino de qualidade em condições nem sempre favoráveis.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo irrestrito apoio que tenho recebido todos esses anos,

Aos alunos, com suas perguntas desconcertantes, início de toda jornada,

Aos colegas da pós-graduação, pelas inestimáveis contribuições críticas,

Aos professores do curso de pós-graduação, unidade na diversidade,

Aos professores que abriram as portas de suas salas, minha gratidão pela confiança.

Ao Colégio Loyola, pelo apoio durante a pesquisa.

Ao prof. Orlando Aguiar Jr., que, com maestria, soube equilibrar muito bem a “tensão” existente entre as várias facetas de nossa relação: amigos, colegas de profissão, orientador – mestrando, e, acima de tudo, agradeço pela confiança e por compartilhar algumas de suas nuances que fazem dele o grande educador que é.

## RESUMO

As atividades experimentais têm cumprido um inusitado papel no ensino de Física: promover um intenso debate sobre sua pertinência ou não para a aprendizagem de conceitos físicos. A presente pesquisa acompanhou por alguns meses dois professores de Física que tem se destacado em suas escolas por seu reconhecido trabalho calcado no ensino experimental de Física. Em diferentes contextos escolares, os professores utilizam as atividades experimentais para promover a aprendizagem em ciências.

O objetivo deste estudo é examinar a efetividade de tais recursos em três direções complementares. Em primeiro lugar, examinamos as estratégias enunciativas utilizadas pelos professores em atividades experimentais, no sentido de verificar se tais atividades promovem o discurso dialógico. Na segunda direção, buscamos evidências de que o uso de experimentos propicia o interesse e engajamento dos estudantes nas aulas de física e quais as estratégias são usadas pelos professores com o propósito de sustentar tal engajamento. Na terceira direção, procuramos verificar se as atividades experimentais cumprem a função de mediar as relações entre mundo de objetos e fenômenos com o mundo dos modelos e teorias físicas, procurando evidências de que as atividades experimentais fornecem elementos para que os estudantes participem da construção e validação de modelos físicos.

Para tanto nos valemos da abordagem sociocultural, apoiada em autores como Vygotsky, Bakhtin e Wertsch. Os dados da pesquisa foram construídos por meio de entrevistas, questionários e episódios de ensino selecionados a partir de gravação de aulas em vídeo e anotações de cadernos de campo. Constatamos que, em cenários diferentes, com recursos materiais diversificados e pressões diversas do currículo, os professores conseguem criar um cenário didático em que a experimentação está presente como recurso mediador na apresentação, exemplificação e problematização de conceitos físicos. Concluímos que, nos dois ambientes investigados, as atividades experimentais contribuem para o interesse e maior participação dos estudantes nas aulas de física, além de fornecer suporte ao processo de construção e validação de modelos físicos. No entanto, ao contrário do esperado, mesmo em atividades mediadas por atividades experimentais com problematização, discussão e interpretação de resultados, a abordagem comunicativa dialógica se fez pouco presente.

**Palavras-chave:** ensino de física, atividade experimental, dialogia, engajamento, modelagem.

## ABSTRACT

Experimental activities have an unexpected role in Physics education, promoting the debate about its importance or not to contribute to conceptual and procedural learning. The present research followed for a few months two Physics teachers that have been detached in their schools for their recognized work based on experimental Physics teaching. The teachers used experimental activities to promote science learning in different scholar conditions.

The aim of this study is to examine the efficiency of experimental activities in three complementary directions. In the first one, we examined the utterance strategies used by the teachers during experimental activities, in order to verify if such strategies promote dialogic discourse and increase the quality of students' participation. In the second direction, we sought evidences that the use of experiments increase the interest and engagement of the students in Physics class and which teaching strategies were used with the purpose of sustaining such engagement. In the third direction, we verified if the experimental activities fulfil the function of mediating the relations between the word of object and phenomena with the word of models and Physics theories, searching for evidences that such activities provides elements for the students to participate in construction and validation of Physics models.

For that, we used a socio-cultural approach based on Vygotsky, Bakhtin and Wertsch. The data were built by means of interviews, questionnaires and selected teaching episodes from recorded lessons and field notes. We found that in different settings, with different material support and pressures from curricula, the teachers accomplished to use experimental activities as means to present, exemplify and examine Physics concepts. We conclude that in both studied environments the experimental activities contribute to the interest and greater participation of the students in the Physics class, besides supporting the process of construction and validation of Physics models. On the other hand, against the odds, even in experimental activities in which there are problems, discussion and interpretation of results, the dialogic communicative approach were rarely present.

**Key-words:** Physics teaching, experimental activities, dialogism, engagement, modeling.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objeto da dissertação .....	1
1.2. Justificativa .....	3
1.3. Objetivos e formulação do problema e questões de pesquisa .....	7
1.4. Estrutura da dissertação .....	9
<b>2. REFERENCIAIS TEÓRICOS: AS CONTRIBUIÇÕES DA ABORDAGEM SOCIOCULTURAL NO TRATAMENTO DO TEMA</b> .....	<b>10</b>
2.1 A ferramenta analítica para estudos do discurso nas aulas de ciências	11
2.2 Ação Mediada	15
2.3 Modelos e a relação entre mundo de modelos e mundo de eventos	17
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
3.1 Estudo de caso .....	22
3.2 Instrumentos da pesquisa e interpolação de dados .....	23
3.3 Cuidados na interpretação e análise de dados – confiabilidade e validade.....	24
3.4 Critérios de escolha e definição de professores .....	25
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
4.1 As atividades experimentais, o ensino, a aprendizagem em Física. ....	27
4.1.1 As atividades experimentais compartilhadas	30
4.2. Experimentação e Motivação .....	33
4.3. Dialogia na educação em ciências.....	37
4.4. Considerações finais do capítulo .....	40
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
5.1. Professor Beto – Escola X .....	42
5.1.1. Mapa de eventos das aulas	43
5.1.2. Análise de episódios	44
5.1.3. Entrevistas e questionários	60
5.2. Professor Pedro – Escola Y.....	62
5.2.1. Mapa de eventos das aulas	64
5.2.2. Análise de episódios	64
5.2.3. Entrevistas e questionários	82
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>84</b>
6.1. Principais achados: retomando as questões de pesquisa .....	84
6.2. Particularidades na abordagem do tema – dificuldades encontradas .....	90
6.3. Implicações para o ensino, pesquisa e formação de professores .....	91
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>98</b>
Anexo 1. Protocolo da entrevista.....	1
Anexo 2. Questionário .....	3
Anexo 3. Mapa de eventos das aulas do professor Pedro .....	8
Anexo 4. Mapa de eventos das aulas do professor Beto.....	35

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Objeto da dissertação

As atividades experimentais inseridas no contexto escolar, sejam elas feitas pelos alunos ou pelo professor, suscitam muitas questões. Uma delas é o impacto que as mesmas exercem no aluno. A atividade experimental contribui para um maior envolvimento do aluno no desenvolvimento dos conteúdos da física escolar?

Durante minha vida escolar no ensino médio não tenho lembranças de uma única atividade experimental feita em sala, somente recorro as atividades experimentais propostas nos livros didáticos, que as reproduzia ao chegar a casa. Durante a graduação, as atividades experimentais foram desenvolvidas sempre com um caráter comprobatório, servindo de ilustração para as formulações teóricas apresentadas, por meio de roteiros altamente estruturados que não permitiam qualquer variação dos objetivos descritos. Após me graduar em Física, procurei não cometer o que julgava um erro cometido por meus professores: o fato de apresentar a Física sem um contexto experimental. Inicialmente julgava que seria suficiente apresentar as experiências aos alunos, passo a passo, perguntando as etapas que não bem compreendidas, para que toda dúvida se dissipasse. Porém, a realidade se mostrou muito mais complexa que meus pressupostos iniciais. Procurava diversificar as atividades experimentais relativas a um determinado conteúdo, mas me faltava a compreensão do que as práticas demandavam aos estudantes e como contribuía para a aprendizagem da física.

Foi durante o curso de especialização em ensino de Ciências, no Cecimig (FAE/UFMG, 1992 -1995), que pela primeira vez tive um contato mais significativo com as discussões travadas no âmbito do ensino de Física com as teorias de aprendizagem. Passei então a utilizar as atividades experimentais não somente para realizar demonstrações, no sentido clássico, mas principalmente para realizar explorações em sala de aula, provocando desequilíbrios na interpretação apresentada pelos alunos a determinado fenômeno ou apresentando situações experimentais como desafios à aplicação de ideias científicas. Desse modo, a atividade experimental passou a assumir em minhas aulas, outras funções que não apenas àquela reservada a “comprovar o que havia sido estudado anteriormente”.

O contato com os professores do Cecimig foi de grande importância, não somente pela grande experiência de vida acadêmica que tinham, mas também pela paciente condução que tiveram em mostrar que, em educação, não existe o certo, mas sim o adequado ou inadequado

em relação a determinados propósitos. Fui então tomando consciência da existência de diferentes abordagens que guiam as nossas ações em sala de aula, segundo propósitos que podem ser fundamentados teoricamente.

O presente trabalho busca algumas possíveis respostas para inquietações associadas à utilização de atividades experimentais nas aulas de Física: as diferentes formas de utilização, repercussões dessas atividades em relação ao interesse dos alunos para com a disciplina e talvez, o mais difícil, diagnosticar a eficácia desse procedimento na aprendizagem do conteúdo. A pesquisa relativa ao tema é extensa no que se refere aos aspectos teóricos, mas ainda é incipiente na correlação desses aspectos teóricos com a análise de situações concretas em sala de aula. Poucos são os estudos de casos exemplares feitos no Brasil e no exterior que mostram como ocorre o trabalho de professores de Física engajados no uso de atividades práticas no ensino da física e qual a repercussão desse trabalho na aprendizagem do aluno.

A psicologia diz que nossa personalidade é fortemente influenciada pelas pessoas com as quais estamos em contato; quanto à minha formação e atuação profissional como professor, não tenho dúvida: incorporei, ao longo dos anos (e ainda o faço), aspectos que julgo procedentes de outros colegas, a quem muito devo. Certamente cometeria equívocos em citá-los e demérito ao não fazê-lo. Muitos nem sequer se dão conta da forte influência que exerceram (e ainda o continuam a exercer): o professor Dias Webert do Norte me ensinou que o ofício de professor pode ser mais prazeroso do que o lugar comum o coloca; o Prof. Jésus de Oliveira cujas primeiras observações me chamaram a atenção para o vasto campo do ensino de Física; a Profa. Silvania Sousa do Nascimento, que me orientou nos primeiros trabalhos acadêmicos no curso de especialização; o Prof. Ricardo Fenatti que sempre me impressionou com suas palestras lidas sobre o rico campo da Filosofia da Ciência; o Prof. Ênnio Alberto Filho pelo companheirismo e intermináveis horas-extras me ensinando a explorar o material de laboratório da Bender e o Prof. Orlando Aguiar Jr. cuja retidão profissional me serviu de modelo desde os primeiros contatos e cuja orientação começou muito antes do que ele imagina.

## 1.2. Justificativa

A extensa gama de objetivos atribuídos as atividades experimentais apresentam no ensino tem sido objeto de diversos estudos aqui no Brasil e no exterior. Araújo e Abib (2003), em artigo sobre os diferentes enfoques e finalidades das atividades experimentais no ensino de Física, fazem uma extensa análise de trabalhos publicados entre 1992 e 2001 na Revista Brasileira de Ensino de Física (SBF), em seu encarte Física na Escola e também no Caderno Catarinense de Ensino de Física (UFSC), analisando e categorizando mais de cem artigos. Nesse trabalho, os autores identificam uma ampla gama de atividades experimentais, desde aquelas que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até outras que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados com vistas a uma reestruturação conceitual. |

Borges (1997) discute o papel das atividades práticas no ensino de ciências e argumenta como o laboratório escolar de ciências tem sido usado pela maioria dos professores de modo equivocado. O autor defende a adoção de uma ampla gama de atividades prático-experimentais, não necessariamente dirigidas como os roteiros tradicionais, e uma mudança no trabalho realizado no laboratório, com o objetivo de deslocar o foco da atividade dos estudantes da exclusiva preparação de montagens e realização de medidas para outras que se aproximam mais do fazer ciência. Segundo o autor, tais atividades deveriam envolver não apenas a simples manipulação de objetos e equipamentos com o propósito de constatar fatos, mas, sobretudo, a manipulação de interpretações e ideias sobre observações e fenômenos com o propósito de produzir conhecimento.

Laburu (2006) verifica que, apesar de sua importância, a atividade experimental não é condição suficiente para promover uma mudança conceitual nos alunos, uma vez que ele considera a necessidade da existência de uma condição prévia para qualquer movimento cognitivo: a motivação. Nesse sentido, examina as condições pelas quais a experimentação pode ser cativante de modo a estimular os estudantes a uma busca de modelos explicativos para as situações experimentais, para além de uma atenção momentânea para os aspectos mais externos e evidentes do fenômeno. Esses ‘experimentos cativantes’ poderiam servir de elo incentivador para que os estudantes se dediquem, posteriormente, às tarefas subsequentes, menos prazerosas e mais áridas.

Além do aspecto motivacional presente nas atividades práticas, deve-se verificar em que medida o ensino experimental amplia as oportunidades de dialogia e participação efetiva dos

estudantes na construção de significados em aulas de ciências. O estudo dos elementos de comunicação entre professor e aluno vem ganhando importância cada vez maior, uma vez que partimos do pressuposto de que qualquer atividade de ensino se concretiza e ganha significado por meio de interação social e práticas discursivas. Vários estudos destacaram, por diferentes pontos de vista, a necessidade e a importância de investigar o discurso da sala de aula e outros dispositivos retóricos no ensino da ciência (Candela, 1999; Halliday & Martin, 1993; Kelly & Brown, 2003; Kress, Jewitt, Ogborn & Tsatsarelis, 2001; Lemke, 1990; Mortimer, 1998; Mortimer & Scott, 2003; Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996; Scott, 1998). Tais estudos partem do pressuposto de que a aprendizagem consiste na internalização de ferramentas culturais, o que justifica o interesse em examinar como a compreensão é desenvolvida no contexto social das salas de aula de ciências (Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott, 1994).

O estudo do discurso nas aulas de ciências revela diferenças importantes na maneira como professor e estudantes elaboram e constroem significados nas aulas de ciências, podendo ser este mais ou menos interativo (no sentido de apresentar maior presença de turnos de fala dos estudantes) e mais ou menos dialógico (no sentido de considerar diferentes pontos de vista). A importância do discurso dialógico está no fato de que a aprendizagem não é vista mais como uma troca de antigos conceitos pessoais dos fenômenos naturais por novos conceitos científicos, mas, sim, como uma negociação de novos significados no espaço social da sala de aula. Aprender Ciência é visto como uma forma de “enculturação”, na qual a cultura cotidiana não deve, necessariamente, ser substituída pela cultura científica. O objetivo passa a ser o de levar o aluno a refletir sobre as relações (e diferenças) entre as duas culturas. As interações discursivas são constituintes do processo de construção de significados, e permitem diferentes oportunidades aos estudantes em conferirem sentidos aos conteúdos das ciências e à própria ciência. Um dos aspectos da análise do discurso nas aulas de ciências consiste em examinar os mecanismos retóricos do discurso (Mortimer, 1998; Scott, 1998), ou seja, mecanismos de convencimento do outro, considerando-se os pontos de vista e perspectivas do interlocutor.

Duschl e Osborne (2002) reivindicam que a argumentação deve ser dialógica, pois cria a oportunidade de considerar múltiplos pontos de vista sobre um tema ou problema para avaliar os argumentos que relacionam conclusões ou inferências às evidências disponíveis. Ritchie e Tobin (2001) sugerem que o consenso genuíno na ciência pode somente ser conseguido com o discurso dialógico, ou seja, a partir da consideração de outras possíveis interpretações.

O ensino de ciências está, essencialmente, calcado no discurso de autoridade, no qual os pontos de vista que não contribuem para a consolidação das ideias científicas a ensinar são desconsiderados. Na maior parte das vezes, é o professor quem se responsabiliza pela produção de enunciados e os alunos participam simplesmente respondendo às questões do professor e recebendo a avaliação de suas respostas (Cornelius and Herrenkohl, 2004). O discurso da ciência e, por conseguinte, dos professores de ciências apresenta um forte componente de “autoridade” que emana de um consenso que vai se estabelecendo gradualmente na comunidade científica. Mas antes da formação desse conhecimento compartilhado e socialmente aceito, os cientistas apresentam, entre seus pares, um discurso fortemente dialógico, no qual as ideias são lançadas e discutidas exaustivamente pela comunidade até a formação de um paradigma que se torna consensual, adquirindo, a partir desse ponto, um caráter “de autoridade”. Na sala de aula, o professor “esquece”, muitas vezes, de que o consenso somente foi construído devido à saudável alternância entre o discurso dialógico e de autoridade, e aquele se mostra estranhamente ausente das salas de aula, o que faz com que o discurso científico seja apresentado com um discurso dogmático para a maioria dos estudantes. A presença do discurso dialógico no ensino de ciências pressupõe a proposição e condução de atividades conjuntas negociadas (e não impostas), nas quais os estudantes tenham oportunidade para expressar suas convicções e opiniões para comparar com aquelas de seus colegas e modificá-las ao serem confrontadas com argumentos convincentes.

A prática do ensino de ciências apresenta dois objetivos principais: a reprodução cultural (transmissão a futuras gerações dos recursos acumulados pela sociedade) e o desenvolvimento de habilidades cognitivas, dentre elas, a capacidade de crítica e argumentação e o exame de conclusões a partir de evidências. Ao mesmo tempo em que se a educação necessita passar para as próximas gerações algumas informações (que julga relevantes) já adquiridas anteriormente, ela precisa formar indivíduos que devem dialogar com essa cultura e eventualmente transcender suas limitações para criar soluções e enfrentar novos problemas.

Apesar de existirem inúmeros trabalhos acadêmicos relacionando os temas “atividades experimentais” e a “aprendizagem em ciências”, constatamos que são poucos os trabalhos que examinam como os professores conduzem atividades experimentais e quais as consequências dessas atividades na construção de sentidos nas aulas de ciências. A maior parte das pesquisas publicadas sobre o tema denuncia modos inadequados de condição dessas atividades, por

insuficiente orientação pedagógica ou epistemológica (Hodson, 1988; Abrahams e Millar, 2008). Não encontramos na literatura casos de estudos em que se analisam situações de uso refletido da experimentação em sala de aula, ou seja, que dêem a ver os saberes docentes na condução de tais atividades e as repercussões dessas no processo de construção de sentidos nas aulas de ciências.

Existe uma carência de pesquisas qualitativas no Brasil que revelem não somente o que dizem os professores e alunos em relação às atividades experimentais, mas, sobretudo, que examinem o que fazem professores e alunos no contexto de sua realização em sala de aula. O que fazem os professores que, mesmo sem espaços e recursos específicos, trazem a experimentação para as salas de aula de física? Que tipos de atividades são feitas e com quais propósitos? Esses propósitos são alcançados? Que repercussões trazem para o ensino de física, em seus aspectos conceitual, procedimental e atitudinal? Como os alunos percebem essas práticas experimentais?

O presente estudo apresenta uma breve reflexão dessas questões ao investigar a prática da sala de aula de dois professores de Física do ensino médio que utilizam, de modo sistemático, atividades experimentais como recurso em suas ações. Em um país onde a maioria dos estudantes termina seus estudos de ensino médio sem nunca ter tido a oportunidade de examinar os aspectos experimentais da Física que lhes é ensinada, parece-nos necessário examinar aulas nas quais professores fazem uso sistemático e refletido desse recurso. Desse modo, pretendem-se compreender os propósitos de tais atividades, as estratégias utilizadas pelos professores e os possíveis efeitos na produção de sentidos que circulam nas aulas de Física.

Escolhemos acompanhar as aulas de dois professores que apresentam a característica comum de utilizarem sistematicamente recursos experimentais em suas aulas cujos contextos são bem diversos. Um professor, a quem denominamos Beto na pesquisa, apresenta condições materiais mais favoráveis – sala dedicada ao ensino de Física (os alunos é quem mudam de sala), maior variedade de materiais experimentais à sua disposição, auxiliar de laboratório, recursos tecnológicos como computador e projetor multimídia –, mas enfrenta a forte pressão de um currículo extenso a ser desenvolvido em curto intervalo de tempo. O contexto de trabalho desse professor é o de uma turma de último ano do ensino médio, em escola particular fortemente à preparação para exames de vestibular. Os alunos são de classe média alta e não apresentam interesse pelos estudos, para além da pressão do vestibular. Apesar

disso, são raras as aulas do Professor Beto em que esse não lance mão de um recurso ou situação experimental.

O outro professor, a quem denominamos Pedro, não sofre tanto a pressão do tempo para desenvolver seus conteúdos, mas, em contraste com o primeiro, não possui recursos materiais fornecidos pela instituição pública de ensino na qual atua, sendo todo material experimental obtido pelo próprio professor. O perfil dos estudantes é também bastante diferenciado: jovens provenientes de camadas populares, na maior parte trabalhadores, frequentando ensino público noturno.

O fato de esses dois professores terem um reconhecimento tanto por parte das instituições de ensino na qual trabalham quanto por parte dos alunos como “bons” professores nos motivou a escolhê-los para realizar o acompanhamento de suas aulas com o intuito de verificar o uso das atividades experimentais por eles no ensino de Física. Optamos então por investigar em estudo de casos, como professores experientes e com trabalho diferenciado fazem uso de atividades experimentais no ensino de ciências e quais repercussões de tais atividades na construção de sentidos nas aulas de física.

Tal opção metodológica se baseia em um desconforto em relação a uma tendência dominante na produção de pesquisa em ensino de ciências sobre experimentação: vários desses estudos indicam o que **não** deve ser feito, condenando usos ingênuos ou inadequados da experimentação no ensino de física; outros são prescritivos, dizendo o que deveria ser o ensino experimental em ciências, sem uma ancoragem em práticas de sala de aula mais consistentes. Com tais procedimentos de pesquisa, esperamos contribuir para geração de conhecimentos que tenham maior valor na formação de professores de física. Isso não significa que, no estudo aqui apresentado, tenhamos abdicado do necessário esforço de distanciamento e crítica, embora procurando destacar ações bem sucedidas ou parcialmente bem sucedidas em contextos reais de escolarização.

### **1.3. Objetivos e formulação do problema e questões de pesquisa**

A questão central colocada por essa pesquisa consiste em examinar as estratégias desenvolvidas por professores na condução de atividades experimentais em salas de aula de física e a repercussão de tais atividades nos processos de construção de sentidos nas aulas de física. Para tanto, iremos examinar três aspectos: as relações entre experimentação e dialogia,

entre experimentação e interesse/motivação dos estudantes e entre experimentação e construção de modelos, conforme detalhamento a seguir:

### 1º Tema: Experimentação e dialogia

Quais as estratégias enunciativas utilizadas pelos professores em situações didáticas mediadas por atividades experimentais? Qual é o espaço que ele abre à participação dos alunos na construção dos enunciados empíricos e dos enunciados teóricos? Qual o espaço para discussão e exploração de modelos explicativos científicos e não científicos? O discurso dialógico se faz presente? Como se dá a alternância entre discurso dialógico e de autoridade? A presença de discurso dialógico está relacionada com os propósitos da atividade? Uma atividade experimental concebida e utilizada para introduzir uma ideia científica abriria igualmente espaço para dialogia e participação dos estudantes nos conteúdos da aula?

### 2º Tema: Experimentos como mediação entre mundo empírico e mundo das ideias

As atividades experimentais realizadas pelos sujeitos dessa pesquisa cumprem a função de mediar as relações entre mundo de objetos e fenômenos com o mundo dos modelos e teorias físicas? Há mudanças na referencialidade do discurso (empírica, teórica ou relação entre empírico e teórico) quando analisamos o desenvolvimento de atividades experimentais em aulas de física? Na análise de episódios de ensino, temos evidências de que as atividades experimentais dão elementos para que os estudantes participem da elaboração de modelos e conceitos científicos ou de seu uso em situações novas?

As atividades experimentais são evocadas em outros momentos da sequência de ensino, repercutindo favoravelmente na construção e consolidação de conceitos e modelos físicos? Estão presentes no discurso do professor e dos estudantes em momentos posteriores à sua realização? Em caso afirmativo, existe apenas uma evocação do fenômeno e de uma interpretação dada a ele ou uma maior elaboração e transformação dos enunciados relativos ao fenômeno e aos conceitos envolvidos em sua análise? De outro lado, pretendemos destacar ainda o resgate, pelo professor, de enunciados teóricos construídos anteriormente no tratamento de situações experimentais com a classe.

3º tema: Experimentação e interesse / engajamento

Há evidências de que o uso de experimentos propicia o interesse ou engajamento dos estudantes nas aulas de física? Esse interesse está vinculado apenas ao resultado da manipulação de dispositivos experimentais ou sustenta, ainda, um engajamento dos estudantes na construção de uma interpretação teórica ao fenômeno?

Como o professor busca cativar o interesse dos estudantes ou ainda fomentar o engajamento disciplinar produtivo mediante uso de recursos experimentais nas aulas de física? Que estratégias são utilizadas pelos professores para prolongar o interesse dos estudantes para além dos aspectos mais aparentes e bizarros das atividades experimentais e engajá-los na busca e refinamento de modelos explicativos? Para examinar evidências de interesse e/ou engajamento dos estudantes durante as atividades experimentais, os episódios serão analisados observando-se elementos não verbais (olhar, postura dos estudantes, comentários com colegas; aproximação do professor com alunos, gestos...) e verbais (turnos de fala, questões que o professor formula dirigidas a alunos específicos, padrões discursivos utilizados, etc.).

#### **1.4. Estrutura da dissertação**

A dissertação é composta, além dessa introdução, de outros seis capítulos. No segundo capítulo apresentamos os referenciais teóricos que orientam a pesquisa. O terceiro capítulo expõe a metodologia utilizada: o uso do estudo de caso, os instrumentos de pesquisa e a interpolação de dados. O quarto capítulo realiza uma revisão bibliográfica sobre as atividades experimentais no ensino de Física. O quinto capítulo apresenta e analisa os dados, indicando resultados relativos às questões de pesquisa propostas. No sexto capítulo, apresentamos as considerações finais da pesquisa, o que compreende uma discussão sobre as implicações dos resultados obtidos para o ensino de Física e a formação de professores.

## **2. REFERENCIAIS TEÓRICOS: AS CONTRIBUIÇÕES DA ABORDAGEM SOCIOCULTURAL NO TRATAMENTO DO TEMA**

As duas últimas décadas vêm sendo marcadas, na área educacional, pelo compartilhamento da ideia que a análise da fala de professores e alunos é essencial para se compreender os caminhos que levam os alunos a aprenderem (ou não), e de que maneira os professores podem contribuir para aprendizagem. Essa crença compartilhada por muitos pesquisadores em educação tem dado origem a diferentes vertentes de pesquisa, pois a relação entre a atividade discursiva, interação social e os processos cognitivos apresenta inúmeras possibilidades de análise.

Antes de prosseguir, é necessário destacar como a linguagem será aqui tratada e considerada. Em oposição a uma visão tradicional e mecanicista da linguagem como simples veículo de transmissão de informações, tomamos aqui a perspectiva inaugurada pela Filosofia da Linguagem de Bakhtin e seu círculo (Voloshinov, 1997; Bakhtin, 1986) em que se propõe examinar o discurso como a linguagem em uso em situações sociais e institucionais específicas. Além dos aspectos linguísticos, tal abordagem engloba outras dimensões da linguagem usada: sua dimensão epistemológica, ideológica e social.

A função da linguagem é, então, ampliada ao tomá-la como um sistema interpretativo de construção de significados. Utiliza-se a linguagem como forma de representação de nós mesmos, de nossas ideias, do mundo. A linguagem é uma ferramenta cultural utilizada para compartilhar a experiência, dar sentido de modo conjunto. Vygotsky (2008) nos lembra que a linguagem é, também, uma ferramenta psicológica; utilizamo-la para dar sentido à experiência. Desse modo, o discurso, deixa de ser uma mera representação do pensamento na linguagem, para se tornar uma maneira social de pensar (Mercer, 1998).

A atenção para o discurso nas salas de aula de ciências se justifica, em primeiro lugar, por ser a fala o principal recurso de ação docente, mesmo quando o professor utiliza outros meios, como recursos experimentais ou multimidiáticos. Uma segunda razão é que os conceitos científicos são sistemas simbólicos por natureza e, portanto, é na e pela interação entre professor e estudantes que os conceitos e ideias científicas vão sendo introduzidos e transformados com vistas a sua apropriação pelos estudantes. Dominar o significado atribuído a determinadas palavras é condição essencial para que os estudantes se locomovam dentro de

determinadas campos disciplinares. Além disso, convém lembrar que é por meio da linguagem que as disciplinas científicas são construídas, moldadas, comunicadas e avaliadas.

O trabalho de Lemke (1990) pode ser considerado um marco no estudo do discurso em salas de aula de ciências. Esse autor situa a aprendizagem em Ciências como análogo à aprendizagem de uma nova língua, com características, implicações semânticas, sintáticas e ideológicas. Para Lemke, aprender Ciências é aprender a falar sobre Ciências: observando, reportando, comparando, classificando, generalizando, etc. O autor apresenta a hipótese de que as aulas de ciências são atividades sociais construídas pela ação humana e, em seus estudos, procura identificar tanto padrões temáticos quanto organizacionais dos diálogos ocorridos nas salas de aula.

Wertsch (1991), considerando as teorias de Vygotsky e Bakhtin, relaciona a atividade mental com as práticas desenvolvidas em ambientes históricos, culturais e institucionais específicos. O conceito de ação mediada, proposto por esse autor apresenta o pressuposto que, enquanto sujeito do conhecimento, a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas uma relação mediada pelos sistemas simbólicos desenvolvidos especialmente para esta finalidade. Na escola, os recursos mediacionais são moldados e utilizados para a instrução, e necessita-se determinar as características, estruturas, operacionalidade e princípios de elaboração destes recursos, de modo a estabelecer o que forma a ação mediada e os recursos mediadores.

## **2.1 A ferramenta analítica para estudos do discurso nas aulas de ciências**

No ensino de ciências, há um consenso relativamente bem estabelecido, da necessidade de resgatar o estudante como protagonista de situações de aprendizagem escolar. Os papéis atribuídos aos professores variam desde a de um ‘facilitador de aprendizagens’ a de um ‘agente cultural’, perspectiva esta mais próxima da abordagem sociocultural aqui desenvolvida. Muitos educadores têm entendido que desenvolver um ensino mais ativo, guiados por currículos que propõem atividades centradas nos alunos, com variedade de atividades experimentais. Porém, uma questão que se coloca a este processo é como essas atividades experimentais têm sido utilizadas no desenvolvimento da estória científica, isto é, de que maneira o professor orchestra o discurso em sala de aula na interação com os estudantes (e entre os estudantes) para desenvolverem a estória científica que está sendo ensinada. Entendemos por ‘estória científica’ a estrutura explicativa que o professor vai

construindo em torno dos conteúdos de ensino com a participação dos estudantes (Ogborn *et al.*, 1996).

Como os experimentos não falam por si mesmo, têm que serem interpretados pelos alunos e (re)interpretados pelo professor, o discurso na sala de aula adquire uma grande importância para compreendermos os desdobramentos das atividades experimentais nos sentidos que vão sendo produzidos e que circulam nas aulas de ciências. Para examinar como esse discurso em torno das atividades experimentais vai sendo construído por professor e estudantes, nos valem de aspectos da ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2003). A construção de significados é compreendida como um processo dialógico, no qual diferentes ideias são postas no plano social da sala de aula para serem trabalhadas.

A abordagem comunicativa proposta por Mortimer e Scott tem como pressupostos duas crenças construtivistas: i) a aprendizagem demanda um envolvimento intelectual ativo do estudante; ii) os conhecimentos prévios do estudante influenciam a aprendizagem subsequente dos conceitos científicos. De modo geral o esquema proposto pode ser representado pelo diagrama abaixo:

ASPECTOS DE ANÁLISE	
FOCO ABORDAGEM AÇÃO	1. Intenções do professor
	2. Conteúdo
	3. Abordagem comunicativa
	4. Padrões de interação
	5. Intervenções do professor

As intenções do professor são variáveis e estão intimamente associadas à fase em que se encontra a sequência de ensino. São identificados 6 propósitos do professor: i) apresentando um problema; ii) explorando e trabalhando com os pontos de vista do estudante; iii) introduzindo e desenvolvendo uma estória científica; iv) guiando os estudantes a trabalhar com as ideias científicas e dando suporte às internalizações; v) guiando os estudantes a aplicar e expandir o uso das ideias científicas e transferindo responsabilidade pelo seu uso; e vi) mantendo e desenvolvendo as estórias científicas. Mortimer e Scott (2003) chamam a atenção para variações na forma de condução da atividade, pelo professor, e na estrutura de participação dos estudantes, quando comparamos atividades de ensino com propósitos diferenciados. Por essa razão, nos estudos de atividades experimentais em aulas de física, é

fundamental localizar a intenção e propósitos do ensino de modo a compreender as ações docentes e discentes, e verificar sua adequação à situação analisada.

O conteúdo está relacionado aos temas do discurso e como eles vão sendo propostos e transformados. Para tanto, Mortimer e Scott (2003) sugerem as seguintes categorias analíticas: i) conteúdos cotidianos *versus* conteúdos científicos; ii) descrição, explicação ou generalização; iii) de natureza empírica ou teórica.

A abordagem comunicativa pretende fornecer a perspectiva de como o professor trabalha com os estudantes para desenvolver novos significados na sala de aula. Essa abordagem apresenta duas dimensões. A primeira relaciona-se ao fato de o professor considerar o que o estudante tem a dizer sobre o ponto de vista do próprio estudante ou da ciência escolar. Dizemos que a abordagem comunicativa é dialógica quando vários pontos de vista são considerados, ocorrendo uma interanimação entre diferentes ideias, todas elas sendo exploradas. Em oposição, a abordagem comunicativa de autoridade caracteriza-se por uma abordagem na qual apenas as posições alinhadas com a ciência escolar são consideradas, isto é, apenas o ponto de vista que interessa ao professor é levado em consideração. Deve-se estar ciente que não é o fato de uma ou mais pessoas estarem produzindo um discurso que o torna caracterizado como dialógico ou de autoridade. Podemos ter um grupo de pessoas expondo ideias alinhadas, enquanto uma única pessoa pode apresentar diferentes explicações para um mesmo problema apresentado.

A segunda dimensão considerada na abordagem comunicativa é relativa ao número de pessoas que participam da interação; será interativa se envolver mais de uma pessoa, e não-interativa se apenas uma pessoa participa da elaboração dos enunciados. Desse modo, pode-se formar combinações da forma como a abordagem comunicativa ocorre das seguintes formas (Scott, Mortimer e Aguiar, 2006):

1. Interativo/Dialógico: professor e estudantes exploram ideias, formulam e oferecem perguntas autênticas, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.
2. Não-Interativo/Dialógico: o professor reconsidera, sem interação com os alunos, vários pontos de vista, destacando similaridades e diferenças.
3. Interativo/De Autoridade: o professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma sequência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.

4. Não-interativo/De Autoridade: o professor apresenta, sem interação com os alunos, um ponto de vista específico.

Interessa-nos essa tipologia pois os professores de ciências trabalham com um constante dilema: ao mesmo tempo em que são porta-vozes da ciência escolar, tendo portanto necessidade de trabalhar com conceitos socialmente já construídos e aceitos, precisam, em sala de aula, desenvolver um ambiente no qual outras posições que não a da ciência escolar sejam considerados, trazendo os estudantes para construir coletivamente, ajudando-os a expor, comentar, criticar e selecionar diversos pontos de vista sobre algo que já está (aparentemente) pronto.

Os tipos de interação discursiva presentes nas aulas podem corroborar as intenções do professor ao desenvolver uma atividade experimental em sala de aula. Mehan (1979) identificou alguns padrões de interação nas falas do professor com os alunos, sendo o mais comum deles – principalmente no discurso de autoridade – as tríades I-R-A, no qual I representa a iniciação por parte do professor, R a resposta do aluno e a avaliação final do professor. Algumas variações deste padrão são identificadas quando o professor procura manter a elaboração de um enunciado que lhe interessa ao procurar retroalimentar (*feedback*) a fala do estudante para este a desenvolva mais. Estes padrões são representados pelas cadeias de turnos não triádicas do tipo I-R-P-R-P-... e I-R-F-R-F-..., no qual P significa uma intenção de manter o prosseguimento da fala do aluno e F uma retroalimentação da fala do aluno (*feedback*) com o intuito que ele a elabore mais.

Estas formas de interação permitem ao professor explorar as ideias dos alunos e, desta maneira, melhor conhecer os caminhos que os estudantes estão percorrendo ao elaborarem seus conceitos. Para que os enunciados e seus respectivos sistemas de significação sejam construídos em sala de aula, o professor deve recorrer a diferentes movimentos discursivos e interativos junto com seus alunos. Motimer *et al.* (2007) denomina de estratégias enunciativas a estes movimentos. A recorrência de certas estratégias enunciativas na condução da aula de um professor está apoiada nas concepções de Ciência e do ensino e, por isso, são representativas de seu estilo de ensinar.

## 2.2 Ação Mediada

Para análise das situações de ensino, nos reportaremos ao conceito de ação mediada, desenvolvido por Wertsch (1991) a partir das contribuições de Vygotsky (1978) e Leontiev (1981 *apud* Wertsch). O conceito de ação mediada está fundado em um pressuposto vygotiskiano da forma de relação do homem com o mundo: esta relação não é direta, mas sim uma relação mediada (Vygotsky, 1991). A fundamentação marxista assume que o trabalho é um elemento que diferencia o homem de outras espécies, e esse trabalho é agente de transformação da natureza, criando, à medida que as transformações ocorrem, cultura e história humana.

As relações sociais surgem da atividade coletiva resultante do trabalho e este necessita da criação e utilização de instrumentos: os recursos mediacionais. Esta concepção assume que os instrumentos estão dirigidos para o exterior e alteram a realidade; os signos estão dirigidos para o interior e modificam os processos psíquicos. Devido à forma como foi concebido, o instrumento é criado para um objetivo determinado, associado à história do trabalho, sendo portanto um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo (Oliveira, 1993). A função desempenhada pelas ferramentas de mediação é discutida em vários campos do conhecimento humano: sociologia, antropologia, educação, psicologia e filosofia.

O uso de ferramentas mediadoras é um processo de mão dupla: os seres humanos moldam o mundo pelo uso das ferramentas e, ao mesmo tempo, são moldados pelo uso dessas ferramentas. Isso significa que os seres humanos são parte de seu mundo e não podem ‘sair’ do mundo e ver esse mundo do lado de ‘fora’. A dicotomia tradicional de sujeito e objeto, pessoa e meio ambiente não podem ser analiticamente separadas e temporalmente ordenadas em variáveis dependentes e independentes.

| Outro aspecto fundamental do conceito é fato de que a mediação passa pela função semiótica (uso de signos) e pela relação com os outros e com a cultura. Assim, a mediação nas aulas de física se constitui por todos os recursos que o professor traz para a situação didática – sejam eles recursos materiais (objetos mediacionais), recursos semióticos (gráficos, diagramas, figuras, equações), além da linguagem e gestos com os quais as situações apresentadas são trabalhadas e desenvolvidas.

Wertsch (1991) discute as funções comunicativas e cognitivas da ação mediada, apresentando algumas de suas propriedades, com o objetivo de mostrar como a ação humana é

situada em termos sociais, culturais, históricos e institucionais. Algumas dessas propriedades, mais relevantes para o ensino de Ciências, são destacadas a seguir:

1. A ação mediada é caracterizada pela tensão irreduzível entre o agente e o recurso de mediação. Esses dois elementos não devem ser considerados isoladamente. Quando apresentamos uma montagem experimental aos alunos devemos estar conscientes que a montagem não representa o fenômeno em questão em sua totalidade, sendo uma representação de parte do fenômeno a ser estudado. As opções de quais aspectos foram excluídos e quais foram deixados na representação nem sempre estão disponíveis para os estudantes, algumas vezes nem mesmo para os professores. Ao tentar reduzir o erro na medida do período de um pêndulo, é comum o professor pedir para os alunos medirem o intervalo de tempo de 10 oscilações. Mas assim que isso é feito ocorre um questionamento muito comum dos alunos: “mas a “distância” (amplitude) vai diminuir cada vez mais e isso não altera a média obtida?”. Para resolver isso teríamos que medir o período para apenas uma oscilação, primeiro com amplitude grande e depois com uma menor amplitude. Voltamos então a enfrentar o problema que havíamos pensado ter solucionado.
2. Os recursos mediacionais podem ser materializados, pois possuem uma ancoragem real: isso fica evidente para as atividades experimentais, mesmo que elas sejam realizadas como experiências mentais. Podemos representá-las através de diagramas, gráficos, desenhos que nos remetem à atividade feita. Para Wertsch, mesmo a linguagem oral, aparentemente imaterial, apresenta uma materialidade mesmo que momentânea.
3. Os recursos mediacionais têm múltiplos objetivos, que atuam simultaneamente. O contexto determina o objetivo a ser perseguido ao definir o propósito de cada ação. Os parâmetros para caracterizar a ação, por sua vez, estão relacionadas ao motivo da atividade. A atividade inicialmente planejada para se determinar o período de um pêndulo pode ser redirecionado para a discussão de algumas técnicas de como acionar o cronômetro de modo a reduzir as incertezas na medida, medir o intervalo de tempo de várias oscilações e depois encontrar um valor médio, ou verificar a influencia da massa no período de oscilação. Não é possível isolar a atividade em apenas um único objetivo.

4. Os recursos mediacionais estão situados em uma ou mais etapas do desenvolvimento. Dada a multiplicidade de sentidos e objetivos que configuram a ação, não podemos analisar isoladamente os recursos mediacionais, Frequentemente, os recursos estão envolvidos em processos interativos e conflituosos da ação, sendo determinados por objetivos sob tensão mútua (fazer para compreender e fazer para cumprir uma tarefa escolar, por exemplo).

A instituição escola é o lugar onde se inicia o processo de ensino/aprendizagem com intervenções sistemáticas e intencionalmente projetadas em tempos e espaços específicos para tanto. Nesses espaços, as atividades de professor e estudantes são mediados pela utilização de instrumentos culturais. Temos, portanto, uma ação programada e induzida pelo professor, na forma de questionamentos, desafios e estímulos para debates. As atividades experimentais se inserem como um dos instrumentos que servem de mediadores entre a visão científica que se deseja compartilhar e as concepções e formas de raciocínio dos estudantes.

A ação mediadora permitirá negociações, relativas às causas e efeitos de um dado fenômeno físico “presente” na sala de aula, facilitando o diálogo didático entre estudantes e professor na construção de “saber compartilhado”. Significa dizer que, a todo e qualquer momento do diálogo didático da sala de aula, a atividade experimental poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou ainda como decorrência de uma problematização inicial (Delizoicov & Angotti, 1991).

### **2.3 Modelos e a relação entre mundo de modelos e mundo de eventos**

Uma das hipóteses deste trabalho é a de que os recursos experimentais provêm uma ponte entre, de um lado, o mundo de objetos e fenômenos e, de outro, o mundo de modelos e teorias físicas. Baseando-nos em tal pressuposto, pretendemos identificar como em situações de sala de aula professores disponibilizam e constroem com seus alunos tais conexões entre mundo real dos fenômenos e o mundo dos objetos teóricos da física.

Para tanto, nos parece necessário apresentar, mesmo que brevemente, o modo como entendemos o processo de construção de modelos na física e no ensino de física. O interesse em modelos está relacionado, em parte, à ideia amplamente disseminada de que o ser humano só pode apreender o novo construindo modelos, a partir daquilo que já é conhecido. O conceito de modelo apresenta diversas definições.

Para Bunge (1974), a compreensão da realidade inicia-se com idealizações, e essa ocorre quando se estabelece o objeto-modelo ou modelo conceitual. O objeto-modelo seria

uma representação conceitual esquemática de um aspecto do real, atribuindo-se a ela propriedades que podem ser tratadas por teorias. A formulação de uma teoria sobre o objeto-modelo conduz, necessariamente, à formulação de um modelo teórico. O autor vislumbra o modelo estabelecendo uma relação entre o teórico e o real. O modelo teórico seria como um sistema hipotético-dedutivo que é válido para um objeto-modelo; modelo este parcial, uma vez que não há possibilidade de uma apreensão da totalidade. Apesar de não abarcar a totalidade, o método de modelagem e sua respectiva comprovação tem se mostrado bem sucedido.

Um modelo teórico é um corpo de pressupostos que tratam de explicitar um objeto ou um sistema, atribuindo a esse um mecanismo ou uma estrutura interna, responsável por certas propriedades do objeto (ou sistema) descrito pelo modelo (Kneller, 1980). As equações matemáticas também seriam uma característica dos modelos físicos. Ziman (2001) apresenta o modelo teórico como um sistema abstrato usado para representar um sistema real tanto descritivamente quanto dinamicamente. Para o autor, os modelos nunca são construídos diretamente pela percepção, mas por teorias pré-existentes que orientam nossas percepções, criando ‘filtros’ teóricos que dão significado ao mundo sensível. Quando construímos um sistema abstrato, alguns elementos do sistema real são esquecidos, alguns são modificados ou descritos de acordo com a teoria que é escolhida para elaborar o modelo. Qualquer que seja a definição de modelos, elas convergem para dois pontos cruciais no que se relaciona à função dos modelos: a função explicativa e a preditiva.

No livro *Explaining Science in the Classroom* (Ogborn *et al.*, 1996), os autores se propõem a discutir a linguagem utilizada para descrever as explicações científicas nas salas de aula, cujos principais componentes seriam: i) as explicações científicas são análogas a ‘estórias’; ii) a construção de explicações passa pelo reconhecimento de lacunas do que é dado a conhecer e pela construção de entidades, que são os protagonistas da ‘estórias’; iii) as formas ou estilos pelos quais a estrutura explicativa vai sendo moldada pelos professores. Interessa-nos particularmente a ideia de que as explicações são construções forjadas a partir da proposição de referentes abstratos, isto é, entidades criadas pelo discurso. Essas entidades são os operadores do modelo que atribui propriedades às entidades, permitindo realizar operações a partir do modelo. Essas entidades que serão usadas nas explicações devem ser ‘trazidas à existência’ para os estudantes; constrói-se uma relação dialética entre o objeto de conhecimento a ser explicado e as entidades que o explicarão: as explicações não podem acontecer antes das entidades serem construídas, porém a razão delas serem construídas é a

explicação não conhecida. Por isso a construção de entidades é também a construção de futuras explicações – com a previsão de resultados novos e a explicação de resultados já conhecidos. Os autores (Ogborn *et al.*, 1996) destacam, ainda, a importância dos experimentos e ‘demonstrações’ como artifício fundamental para a construção de explicações científicas em salas de aula de ciências. Nessas demonstrações, dizem os autores, a materialidade é posta a serviço da teoria, o que permite dar a eles significados mais abrangentes. Por exemplo, o carrinho do PSSC com um pino que se projeta acionado por uma mola acoplada ao carrinho é um objeto projetado com o propósito de introduzir e dar a ver os enunciados da Terceira Lei de Newton e do Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento.

Outra característica dos modelos é destacada por Tiberghien (1994). Segundo a autora, todo modelo tem um caráter hipotético sendo, por isso, acompanhado por processos de validação, no confronto entre as transformações forjadas pelo modelo e as transformações materiais correspondentes, no mundo real. Os processos de validação dos modelos físicos se dão no diálogo entre a teoria e a experimentação.

Mortimer e Buty (2008) nos alertam para o fato de que no ensino de ciências raramente são explicitadas as diferenças entre o ‘sistema abstrato’ (modelo) e o ‘sistema real’. Normalmente, as abordagens didáticas não consideram nem mesmo as condições nas quais o modelo foi estabelecido, a partir de uma dada teoria. Os autores defendem ser necessário diferenciar as entidades do modelo e os elementos observáveis dos fenômenos uma vez que o novo modo com que o estudante é convidado a ver a realidade demanda uma grande mudança na maneira de pensar dos estudantes. Além disso, no tratamento de situações, os estudantes devem ser informados de que as teorias físicas elegem certos aspectos da realidade para serem considerados em seus modelos explicativos, enquanto outros aspectos são considerados irrelevantes. O esforço em separar o que deve ser relevante ou não ao abordar uma situação ajudaria os estudantes a se tornarem cada vez mais autônomos. Como exemplo do ‘corte’ da realidade realizada pelos modelos científicos podemos citar a Lei de Inércia. É muito comum um professor desenhar um bloco em uma superfície plana para ilustrar tal Lei (na ausência de forças, um corpo permanece no estado em que se encontra: repouso ou em movimento retilíneo e uniforme). Mas quando os estudantes observam esse fenômeno? Em quais circunstâncias temos um ‘objeto na ausência de forças’? Cria-se um objeto-modelo – bloco em uma superfície sem atrito, cuja resultante de forças sobre ele seja nula, movendo-se a

baixas velocidades (resistência do ar desprezível) – de modo a incorporá-lo na interpretação newtoniana de mundo.

Morrison e Morgan (1999) destacam que os modelos são instrumentos mediadores entre a realidade e a teoria, ocupando uma posição crucial na ciência moderna. Apesar de realizar essa mediação, o modelo tem uma autonomia em relação a ambos e funciona como um instrumento de investigação. As autoras destacam quatro aspectos básicos relativos ao que consideram ser um modelo: como eles são construídos, como eles funcionam, o que eles representam e como aprendemos com eles. A autonomia de um modelo estaria associada a sua forma de construção, utilizando elementos não somente da teoria ou dos dados, mas frequentemente importando elementos externos a esses dois. O que permite o modelo a funcionar de maneira autônoma é a sua função de instrumento ou ferramenta. Os instrumentos se apresentam com uma variedade de formas e preenchem várias funções. Por sua natureza um instrumento é independente da coisa que ele opera, mas está conectado a ela de alguma forma, assim como um martelo é projetado para realizar a conexão entre o prego e a madeira, embora seja separado de ambos, podendo cumprir outras funções. Alguns instrumentos são utilizados apenas na forma instrumental para modificar algo, outros podem ser utilizados como instrumentos de investigação para descobrimos algo. A principal diferença entre uma ferramenta simples e uma que pode ser utilizada para investigação é que essa última envolve alguma forma de representação. Dessa maneira, o poder representativo de um modelo faz com ele não funcione apenas como um modelo, mas nos ensina algo sobre aquilo que ele representa. Segundo as autoras, não aprendemos muito ao olhar para um modelo mas sim ao construí-lo e manipulá-lo.

O objeto de estudo das Ciências Naturais pode ser definido como a busca de invariantes relacionados aos fenômenos naturais. Por detrás do aparente caos pressupõe-se uma determinada ordem, passível de compreensão, e que muitas vezes, torna-se visível através de uma experimentação. Uma interessante função atribuída às atividades experimentais tem sido a de realizar uma conexão entre o mundo dos objetos e fenômenos e o mundo teórico, das ideias.

Sérè *et al.* (2003) mostram que as atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre três pólos: o referencial empírico; o referencial teórico (os conceitos, leis e teorias) e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados na Física. Segundo esses autores, a atividade experimental incitaria os alunos a não permanecer no

mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, criando a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico – consequentemente dando “um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens” (Sérè, 2003). Ao vivenciar dinâmicas de interconexão entre teoria e experimento, o estudante é levado a questionar o mundo, manipular os modelos e compreender os métodos de investigação utilizada pela ciência. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Segundo a autora, as atividades experimentais deveriam permitir o controle do ambiente físico, a autonomia face aos objetos técnicos, o domínio de técnicas de investigação e um olhar crítico sobre os resultados.

Dessa maneira, podemos realizar uma diferenciação entre modelos matemáticos (mundo formal das linguagens), que somente operam com entidades abstratas e os modelos científicos, que também operam com entidades abstratas, mas que necessariamente devem vir aos fenômenos para realizar comprovações ou novas previsões (Pinheiro *et al.*, 2001). Ao realizar uma previsão o modelo antecipa o desenvolvimento de uma teoria interpretativa que somente é possível devido aos aspectos matemáticos e formais do modelo. Esse é um papel característico do modelo em relação ao conhecimento: é um objeto de substituição que pode ser manipulado, substituindo um conjunto de variáveis que não são diretamente observados pela experiência.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Estudo de caso**

O estudo de caso foi a estratégia escolhida para a pesquisa em função dos objetivos desta, quais sejam, examinar práticas docentes consideradas inovadoras no campo da experimentação no ensino de física e seus desdobramentos em aspectos relacionados à aprendizagem.

Para Yin (2005), o estudo de caso deve ser utilizado quando se faz uma questão do tipo “como” ou “por que” sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos, sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Ainda segundo o autor, tais pesquisas devem incluir a observação direta dos acontecimentos que estão sendo estudados e entrevistas com pessoas nele envolvidas.

O estudo de caso tenta esclarecer uma decisão. No nosso caso, tratam-se de decisões tomadas pelo professor ao utilizar as atividades experimentais em aulas de física, o que implica a escolha de estratégias, recursos e abordagens, além de uma avaliação de seus resultados.

Trata-se de uma estratégia de investigação empírica nos quais os limites entre o fenômeno e o conteúdo não estão claramente definidos, em que há mais variáveis de interesse do que pontos de dados (Yin, 2005). Tais características exigem procedimentos de pesquisa nos quais várias fontes de evidência sejam utilizados de forma coordenada, com triangulação de dados.

Importante destacar que não se tem a pretensão de construir generalizações a partir do estudo de caso de dois professores. Assim como um experimento está a serviço de um corpo teórico e somente dentro desse corpo adquire sentido os procedimentos e padrões inferidos do acompanhamento das atividades de sala de aula somente adquirem sentido quando iluminados por uma teoria. No nosso caso, procuramos os vínculos entre as atividades experimentais compartilhadas, as estratégias e abordagens utilizadas pelos professores em seu desenvolvimento, e sua efetividade em relação a três aspectos relacionados com processos de aprendizagem escolar: a dialogia, a modelagem e o interesse/engajamento dos estudantes. O estudo de caso concentra-se, propositalmente, sobre uma situação específica que se supõe singular em vários aspectos, procurando verificar o que há nela de essencial e, dessa maneira, contribuir para compreensão mais geral dos fenômenos que ocorrem na dinâmica ensino-

aprendizagem. Isso significa que a relevância do estudo se situa não apenas nas respostas que são apresentadas, mas ainda nas novas questões que o estudo coloca.

### **3.2 Instrumentos da pesquisa e interpolação de dados**

Foram utilizados nessa pesquisa quatro instrumentos de registro de dados: gravações em vídeo, anotações de campo, questionário para os alunos e entrevistas com os professores participantes.

As gravações em vídeo ocorreram utilizando duas câmeras quando as condições o permitiam. Uma das câmeras foi posta no fundo da sala, procurando obter uma visão geral do plano mais fechado da frente da sala: o quadro e o espaço utilizado pelo professor a maior parte do tempo. A outra câmera foi colocada na frente da sala, direcionada na diagonal com um plano de filmagem mais aberto de modo a registrar a maior quantidade de alunos. Sempre que possível uma das câmeras era movimentada para registrar um acontecimento de interesse da pesquisa. A gravação do som foi feita diretamente pelo microfone embutido na câmera, o que não confere uma ótima qualidade ao registro sonoro. Uma vez gravadas em fitas mini-DV, as imagens foram gravadas em um computador para a confecção do mapa de eventos das aulas (anexo 3). Os trechos de interesse foram transcritos utilizando programas de reprodução de vídeo e editores de texto. Vale ressaltar que apenas uma pessoa operava as duas câmeras.

As anotações de campo foram feitas em um caderno e os registros foram simultâneos à gravação em vídeo, privilegiando os acontecimentos que não poderiam ser gravados simultaneamente pelo vídeo em dois locais diferentes. Marcações de tempo e de eventos de interesse da pesquisa eram registradas no caderno o que facilitou a futura recuperação e análise dos dados.

Os alunos das escolas X e Y analisadas responderam a um questionário no final do ano letivo (anexo 2) no qual registravam suas percepções em relação a dois pontos: as atividades experimentais realizadas em sala de aula e a repercussão dialógica (ou não) das atividades compartilhadas realizadas. Na escola Y, onde o professor Beto trabalha, o questionário fez menção a uma atividade experimental em especial pois esta se mostrou muito profícua em relação ao objeto de estudo da pesquisa e desejávamos verificar a repercussão futura desse episódio. Uma turma desta escola em que o episódio em questão não foi trabalhado também

respondeu ao questionário para que pudéssemos contrastar os dados. Posteriormente, tabularam-se e analisaram-se os dados na parte da dissertação referente aos resultados.

Entrevistamos em separado os dois professores participantes, registrando em áudio o teor das conversações. Inicialmente as entrevistas foram conduzidas com temas mais gerais relacionados às práticas docentes e ao exercício da docência. A conversa inicial teve por objetivo criar um clima ameno de conversas entre professores que permitisse introduzir os temas específicos de interesse de um modo natural. Assim, passávamos à segunda fase da entrevista que tinha como foco o uso de atividades experimentais compartilhadas, destacando-se as justificativas das abordagens, estratégias e recursos utilizados. Alguns trechos das aulas gravadas – episódios de ensino selecionados – foram apresentadas aos professores para esclarecimento ou averiguação das conclusões feita pelo pesquisador. Parte das entrevistas nos foi útil para compreender as estratégias enunciativas utilizadas pelos professores durante suas aulas, assim como os propósitos que orientaram tais escolhas.

O cruzamento desses quatro instrumentos de pesquisa nos permite entrelaçar os resultados e apresentar algumas conclusões com maior segurança. Sempre que possível as conclusões foram apresentadas aos professores participantes com o intuito de informá-los o andamento da pesquisa, embora ocorressem situações nas quais alguma discordância foi verificada.

### **3.3 Cuidados na interpretação e análise de dados – confiabilidade e validade**

Os principais dados coletados nesta pesquisa são oriundos das filmagens realizadas em sala de aula. Estamos cientes do problema inerente a esse método, sobretudo relacionado às transcrições das aulas. Uma transcrição, por mais bem realizada e com as corretas marcações de entonação e linguagem gestual dos participantes, representa o que uma terceira pessoa registra, parcialmente, e analisa. A fala do professor não é necessariamente o que o aluno escuta e ao exprimir-se um aluno pode não ser escutado pelo professor. Pode, ainda, ser escutado pelo professor, mas não ter registro audível na gravação. Nas transcrições realizadas, temos vários exemplos de situações que julgamos que o professor escolhe, dentre várias respostas possíveis, aquela que seria conveniente à condução de sua aula. O professor, nessa circunstância, foi seletivo às respostas dos alunos, e realçou a resposta mais apropriada ao cenário por ele montado. Mas podemos especular que o professor não tomou consciência das

outras respostas, trabalhando com aquele que lhe chamou mais a atenção, isto é, não foi uma escolha consciente, mas inconsciente.

Contudo, ao ser inquirido posteriormente, visualizando as gravações de um episódio, o professor Beto disse não perceber as outras respostas, fixando-se apenas naquela utilizada para a condução da aula, mas não houve uma resposta categórica da escolha consciente de uma entre várias opções. Esse fator pode gerar uma excessiva valorização das enunciações por parte do pesquisador que analisa as transcrições e deve ser fruto de futuras investigações, na tentativa de minimizar ou contornar este problema.

Os professores participantes da pesquisa tiveram acesso ao material transcrito e parte das análises realizadas pelos autores. Sempre que necessário, os autores do trabalho consultaram os professores colaboradores na resolução de pontos de divergência ou alguma dúvida procedimental. Como veremos adiante, uma dúvida surgida na análise do episódio do barbante do professor Pedro, que convoca vários alunos a realizarem um procedimento repetitivo, apresentou-se com outros contornos quando apresentada ao professor participante da pesquisa e ele pode, então, justificar as razões de sua ação.

### **3.4 Critérios de escolha e definição de professores**

No Brasil poucas são as escolas que apresentam espaço específico de laboratório de ciências e não existem pesquisas mais abrangentes que indiquem com que frequência esses espaços são utilizados e como são utilizados. A ausência de um espaço – que colabora ou inibe o planejamento e posterior execução do tipo de aula no qual o professor deseja trabalhar com atividades experimentais – não pode ser utilizado como argumento para a completa ausência de ensino experimental na maior parte das escolas brasileiras.

Utilizando dados obtidos da convivência com vários profissionais que trabalham na educação em ciências, optou-se por analisar aulas de professores que apresentam características de levarem materiais experimentais para sala de aula em lugar de realizar as atividades em locais específicos – laboratórios clássicos com bancadas –, mesmo que isso ocorra eventualmente. Dessa maneira, espera-se caracterizar tipos de atividades que são mais representativas desse pequeno universo de aulas experimentais de Física no Brasil.

A opção do número de professores a terem suas aulas registradas e analisadas, dois no caso em questão, se deu em função da disponibilidade de tempo e do número de

equipamentos necessários para registro. A escolha dos professores ocorreu em função de duas variáveis: i) pesquisar professores que ministrassem aulas de Física em turnos diferentes (manhã e noite) e ii) pertencessem um a rede particular e outra a pública.

A necessidade do registro em turno de trabalho diferenciado, manhã e noite, ocorreu porque este procedimento evitaria a necessidade de maior quantidade de equipamentos de gravação das aulas, bem como a impossibilidade do pesquisador registrar as duas aulas simultaneamente, o que deveria ser feito por uma terceira pessoa. Desejava-se contrastar o trabalho de dois professores, um trabalhando em condições materiais mais restritas que outro com melhores materiais, verificando como a presença – ou não – do recurso modificaria a forma do professor conduzir as atividades e conseqüentemente, a interação discursiva na sala de aula.

O Prof. Pedro (nome fictício) participa de uma lista de discussão, pela internet, de professores de Física da qual o autor desse relato também faz parte. Nesse fórum, o Professor Pedro sempre se destacou por seus posicionamentos a favor de uma maior utilização das atividades experimentais para promover discussões com o objetivo de apoiar a construção dos conceitos físicos. Ao longo dos anos o Prof. Pedro foi adquirindo materiais e se auto-intitula um “sucateiro”, tipo de professor que se dispõe a trabalhar com materiais de fácil acesso e baixo custo.

O Prof. Beto (nome fictício) desde muito tempo não consegue desvincular sua atuação profissional das atividades com experiências, sendo um consumidor voraz de catálogos de laboratório. Seu trabalho recebeu por parte da escola onde trabalha há 30 anos tal reconhecimento que ele é o único professor a possuir uma sala fixa, no qual os equipamentos didáticos que utiliza estão organizados. Tem a sua disposição um monitor de laboratório em tempo parcial e recursos tecnológicos tais como filmadoras, computador e projetores com o intuito de minimizar a distância entre o que julga que os alunos devem aprender e o que sabem.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 As atividades experimentais, o ensino, a aprendizagem em Física.

As atividades experimentais têm ocupado uma posição de destaque nas discussões relativas ao ensino e a aprendizagem de Ciências nos últimos 200 anos, e em particular da Física. As primeiras orientações sistematizadas para o ensino com atividades experimentais foram publicadas na Inglaterra por Edgeworth & Edgeworth (Edgeworth, 1815).

A grande dificuldade que tem sido encontrada nas tentativas de instruir as crianças em ciências tem ocorrido, pensamos nós, da maneira teórica na qual os preceptores têm procedido. O conhecimento que não pode ser imediatamente aplicado é rapidamente esquecido e nada além da aversão relaciona-se ao trabalho inútil na mente da criança... A consciência (dos estudantes) deve ser exercitada em experimentos e esses experimentos devem ser simples, marcante e aplicável para algum objeto do qual o aluno tenha um interesse imediato. Não estamos preocupados com a quantidade de conhecimento que é obtido em uma dada idade, mas estamos extremamente ansiosos para que o desejo de aprender esteja crescendo permanentemente. [...] Antes de o aluno ter conhecimento sobre os efeitos, eles não podem indagar sobre as causas. A observação precisa preceder o raciocínio; e como a capacidade de julgar não é nada mais que a percepção dos resultados de comparação, nunca devemos encorajar nossos alunos a emitirem opinião antes que eles tenham adquirido algo da experiência (p.226, 329, 424)

Historicamente, as práticas em laboratórios escolares passaram de atividades nas quais os dados eram obtidos para ilustrar uma relação previamente estabelecida (por exemplo, sabemos que a força resultante é diretamente proporcional à aceleração apresentada por um objeto) para atividades nas quais os estudantes procuram padrões ou relações em dados que eles obtêm. No início do século XX, John Dewey e outros representantes da denominada educação progressiva defenderam uma abordagem do ensino mais pragmática e investigativa. Porém, até os meados do séc. XX, as atividades de laboratório eram usadas quase que exclusivamente para ilustrar situações trazidas pelo professor ou pelo livro texto. Sabemos que, ainda hoje, essa prática persiste em que pese as críticas feitas a ela.

No contexto da guerra fria, em meados do século passado, surgem os grandes projetos para o ensino de ciências, que tinham como principal objetivo atrair jovens talentosos para carreiras técnico-científicas em um mundo (bélico) cada vez mais dependente de tecnologias. Esses projetos apoiavam-se nas teorias de aprendizagem de Jerome Bruner, Jean Piaget e Robert Gagné para justificarem as ênfases apresentadas às investigações por parte dos estudantes e as atividades feitas por eles mesmos (*hands-on activities*). Nuffield Project, Physical Science Study Committee, Biological Science Curriculum Study são exemplos desses grandes projetos nos quais o papel do laboratório era o de um lugar para a investigação, para o desenvolvimento e testes de teorias e para mostrar aos estudantes “como os cientistas fazem”. Esses projetos apresentaram fortes repercussões no Brasil, instigando a

desenvolvimento de materiais de apoio para os laboratórios escolares e gerando inúmeros projetos nas décadas de 70 e 80 do século passado: FAI – Física Auto-Instrutiva, PEF – Projeto de Ensino de Física, PBEF – Projeto Brasileiro de Ensino de Física. Nos projetos mencionados, encontramos uma mudança inovadora, para a época, na qual a passividade ao aluno era substituída pela tentativa da construção de um jovem cientista. Essa mudança de foco seria posteriormente questionada.

Borges (2002) apresenta alguns dos objetivos pretendidos pelos educadores (e desejado por estudantes) que advogam a importância do uso de atividades práticas para o ensino em ciências: comprovar e/ou verificar leis e teorias científicas, ensinar o método científico, facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos e ensinar habilidades práticas. Periodicamente, e com maior ênfase no final dos anos 70 do século passado, sérios questionamentos surgiram sobre a efetividade do laboratório escolar em alcançar os objetivos relacionados anteriormente (Hofstein e Lunetta, 1982), como por exemplo, o fato de pesquisadores identificarem que os propósitos na mente dos alunos ao praticarem as atividades práticas nos laboratórios eram diferentes daqueles objetivos planejados pelos professores ao confeccionar as atividades, o que não significa que seja inviável ou não possa comprometer a condução das atividades com os estudantes (Sá, 2003).

Apesar de as atividades experimentais serem praticadas no ensino há quase 200 anos, White (1996) argumenta que essas atividades não parecem incrementar a compreensão do ensino de Ciências (e da Física, em particular) porque as atividades imaginativas são raras e roteiros pouco esclarecedores são comuns nos laboratórios escolares. O autor reconhece que apesar disso, essas atividades atendem ao propósito de motivar os alunos para as aulas de Ciências. Embora essa motivação não conduza necessariamente ao desenvolvimento ou a compreensão de um conceito particular que está sendo estudado, ela predispõe o estudante à aprendizagem, atuando na parte emocional de sua estrutura psíquica. Nesse sentido, podemos dizer que a experimentação tem a função de um catalisador, de direcionar a atenção do aluno para o tema científico que será tratado na sala de aula. Para que as demonstrações sejam efetivas, Watson (2000) adverte que o professor deve servir como um mediador da aprendizagem dos estudantes e um interprete dos conteúdos da ciência.

Pinho Alves (2000) mostrou como as atividades experimentais foram incorporadas enquanto recomendação curricular para o ensino da Física de modo a estabelecer um consenso tão forte a ponto de não encontrarmos na literatura nenhum autor que se posicione contra a

utilização dessas atividades nos ambientes de aula. O autor reconhece que a concepção construtivista da produção de Ciência deve ser adotada pelos personagens que farão parte da esfera responsável pela nova transposição didática, e sugere que as atividades experimentais teriam função **mediadora** no ensino dos conteúdos de Ciência, o que implica diálogo entre dados experimentais e enunciados teóricos.

Millar e Abrahams (2008) analisaram a efetividade de 25 atividades práticas feitas por alunos de 11 a 16 anos em escolas inglesas urbanas e rurais. O estudo consistiu em casos múltiplos da aplicação do referido projeto. Em lugar de buscar o que os alunos e professores pensavam sobre as atividades experimentais, os autores buscaram constatar se o que era dito era o praticado, ou seja, buscaram averiguar a coerência entre o falado (retórica) e o realizado. A efetividade foi medida em dois níveis: nível 1, entre o que os alunos devem fazer e o que eles realmente fazem; nível 2, entre o que o professor deseja que o aluno aprenda e o que ele realmente aprende. Esse dois níveis são entrecortados pela função atribuída pelos autores às atividades experimentais: a de conectar o mundo dos objetos (fenômenos e eventos) e o mundo das ideias (teorias). Os autores da pesquisa utilizaram as atividades práticas para cruzarem esse dois mundos com os dois níveis de efetividade. Os resultados do estudo mostraram que: i) a atividade prática é efetiva em capacitar a maioria dos estudantes a produzirem o fenômeno. No entanto, isso passa a ser em muitos casos o único objetivo, o que torna a atividade com valor de aprendizagem bastante limitado; ii) as atividades práticas aplicadas não são efetivas em ajudar os estudantes a ver a tarefa do ponto de vista científico, e a utilizar as teorias com um referencial a partir do qual suas ações façam sentido ou, ainda, que as utilize para interpretar suas observações; iii) os aspectos memoráveis da atividade prática (explosões, fumaça, brilho) fazem os alunos lembrarem das atividades, porém, raramente fornecem uma âncora que os remeta às ideias científicas; iv) as entrevistas com os alunos após as lições mostraram poucas evidências de efeitos mais prolongados das atividades práticas na compreensão conceitual dos alunos. Quase todas as lembranças dos alunos pertenciam ao domínio dos objetos e dos observáveis.

As recomendações de atividades práticas também se fazem presentes nos documentos de ensino oficiais no exterior e no Brasil. O PNLEM – Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio do Ministério de Educação (MEC) – tem como objetivo fornecer aos alunos das escolas públicas livros didáticos de qualidade, dentre eles, livros de Física. Para que um livro possa entrar no catálogo de materiais didáticos a serem distribuídos para as escolas de ensino público, as editoras inscrevem seus livros no programa. Para analisar se as obras

apresentadas se enquadram nas exigências técnicas do edital, é realizada uma análise, por especialistas da área contratados como consultores. Os livros selecionados são encaminhados à Secretaria de Educação Básica (SEB/MEC), responsável pela avaliação pedagógica. Os especialistas elaboram as resenhas dos livros aprovados, que passam a compor o guia de livros didáticos, enviados às escolas para que os professores escolham as coleções que lhes pareçam mais adequadas. Encontramos na ficha de avaliação dos livros submetidos ao programa sinalizações sobre como se pretende que as atividades experimentais possam ser contempladas nesses materiais. Mantida a numeração encontrada na Ficha de Avaliação (MEC, 2004), os itens são: “... 6. a) São propostos experimentos e demonstrações cuja realização dificilmente é possível, que apresentam resultados implausíveis e/ou veiculam ideias equivocadas sobre fenômenos, processos e modelos explicativos. b) Os experimentos e as demonstrações têm função meramente ilustrativa, sem conexão com as teorias e os modelos explicativos. ... 35. Proposição de atividades que favoreçam formação de espírito investigativo, como atividades em que os alunos levantem hipóteses sobre fenômenos naturais e desenvolvam maneiras de testá-las, ou em que utilizem evidências para julgar a plausibilidade de modelos e explicações.”

Documentos oficiais recentes também fazem menção à importância das atividades práticas, embora não definam qual o significado do termo. O parecer do Ministério da Educação e Cultura (BRASIL, 2009) trabalha com a proposta de experiência curricular inovadora para o ensino médio, no qual deseja uma maior vinculação dos conceitos científicos à contextualização dos fenômenos naturais, sejam eles de origem física, química ou biológica. Pretende-se superar a dicotomia entre humanismo/tecnologia e entre formação teórica geral/prática técnica-instrumental. Com esse propósito, são apresentados alguns referenciais de proposições curriculares e condições básicas para que esse ensino médio inovador se concretize, dentre eles a terceira recomendação (MEC, 2009) é “...c) Estímulo a atividades teórico-práticas apoiadas em laboratórios de ciências, matemática e outros que apoiem processos de aprendizagem nas diferentes áreas do conhecimento...”.

#### 4.1.1 As atividades experimentais compartilhadas

Experiências no ambiente escolar no qual os estudantes interagem com objetos para observar e compreender o mundo natural são praticamente um consenso entre os educadores, embora diferentes formatos sejam utilizados desde a maneira como se estrutura um roteiro de orientações para os estudantes (altamente estruturado a roteiros abertos), passando pela forma

de organização dos alunos (pequenos ou grandes grupos, demonstrações conduzidas pelo professor), o intervalo de tempo destinado às atividades (de poucos minutos a semanas) e ao ambiente físico utilizado (laboratórios, salas de aula, espaços alternativos). As atividades experimentais podem se apresentar em diferentes formas no contexto educacional, quase sempre vinculadas a diferentes propósitos, isto é, a modalidade da atividade experimental pode ser examinada em função do objetivo a que ela se propõe (Borges, 2002). Um exemplo desta enorme diversidade de formatos de atividades de laboratório pode ser encontrado no extenso estudo realizado por Millar, Le Maréchal e Buty (1998).

Na seção anterior apresentou-se um breve histórico das atividades experimentais em ciências e sua relação com o ensino e aprendizagem. Faz-se necessário definirmos qual tipo de atividade experimental iremos nos referir dessa parte do trabalho em diante, uma vez que os termos laboratório escolar, práticas e laboratório tem sido utilizados frequentemente sem que ocorra uma definição mais precisa. Lunetta (2007) apresenta a definição clássica de atividades de laboratório na ciência escolar, que foi aceita por todo o século XIX e quase todo o século XX como experiências de aprendizagem no qual estudantes interagem com materiais ou com fontes secundárias de dados para observar e compreender o mundo natural. Entretanto, termos como atividades experimentais, atividades práticas, aulas de laboratório durante este longo período adquiriram significados múltiplos, abarcando uma enorme modalidade de procedimentos.

Uma característica dos diversos trabalhos é a tipologia apresentada em laboratórios estruturados – salas ambientes com bancadas utilizadas especificamente com o propósito de trabalhos em grupos. Este modelo de aulas experimentais é muito comum nos países mais desenvolvidos; porém, no Brasil, poucas são as escolas regulares de ensino fundamental e médio que possuem laboratórios com este formato, exceção feita às escolas técnicas. A falta desse espaço específico não deve ser utilizada como justificativa para a não realização de atividades experimentais nas aulas, uma vez que esses espaços cumprem uma função de um modelo de trabalho experimental específico e, outras opções podem ser viabilizadas.

Devido a esse fator restritivo, mas não determinante, optou-se por analisar aulas de professores que utilizam o espaço da sala de aula para realizar as atividades experimentais, não observando a dependência de um local específico para a realização destas atividades, ou mesmo a possibilidade de manipulação direta de equipamentos por todos os alunos. Ademais, o trabalho em pequenos grupos demanda, na maioria das vezes, um número de materiais em

maior quantidade e, conseqüentemente, um maior custo para a escola ou o professor. A pressão do tempo e a extensão do currículo é outro fator limitante que levam muitos professores a optarem por conduzirem eles mesmos as atividades experimentais junto à classe. Ao mudar a estrutura de organização da aula, de pequenos grupos para a demonstração, o professor pretende realizar uma espécie de barganha, na qual alguns elementos relacionados à aprendizagem são evitados em detrimento de outros elementos que são desenvolvidos. Em um trabalho com um grupo menor os alunos têm mais oportunidade de se manifestarem do que em um grupo maior, contudo, o professor quase não tem acesso às discussões que ocorrem em pequenos grupos ao passo que ao optar por trabalhar com toda a sala ele tem amplo domínio sobre as questões que são apresentadas para o debate. Além disso, o custo operacional, em termos de tempo e recursos, é significativamente reduzido.

Essa modalidade de atividade experimental conduzida pelo professor e examinada de modo compartilhado com a classe será aqui denominada “atividades compartilhadas”, uma vez que seu objetivo não é somente apresentar algo pronto e acabado para os estudantes, mas aproveitar a realização de uma montagem experimental para ter acesso à forma como os alunos organizam determinados conceitos e como realizam novas correlações entre esses conceitos e desafios que vão sendo propostos pelo professor à classe. As atividades compartilhadas se referem a qualquer atividade de ensino ou aprendizagem que envolva, de alguma maneira, os estudantes em observações e discussões sobre a interpretação a ser dada a experimentos conduzidos pelo professor, por vezes com a assistência de algum aluno, frente à classe.

Uma outra distinção diz respeito à presença ou não do objeto material que é evocado. Em algumas situações, vemos os professores apresentarem à classe situações cotidianas que são apenas evocadas e representadas, tornadas presentes para uma discussão. É o que ocorre, por exemplo, quando o professor evoca e representa a história de um passageiro que está no interior de um avião em movimento retilíneo uniforme, para analisar tal situação do ponto de vista da física. Mesmo sem a presença de manipulação de montagens experimentais, iremos considerar situações como essa no bojo do que denominamos atividades práticas compartilhadas. O fazemos por entender que o objetivo a que se prestam tais atividades é, ainda, o de estabelecer conexões entre, de um lado, o mundo real dos objetos e fenômenos e, de outro, o mundo teórico dos modelos e conceitos físicos.

## 4.2. Experimentação e Motivação

Os experimentos, quase sempre associados a quadros de ordem conceitual, ganham um inesperado contorno quando associados a fatores motivacionais. Apesar de o termo ser muito utilizado na educação, Abrahams (2009) mostra que na maior parte das vezes o termo **motivação** é usado como sinônimo de **interesse**, apesar de terem significados distintos; motivação estaria associado à uma disposição interna para a ação (*inner drive to action*), enquanto que o interesse estaria relacionado ao fascínio por alguma coisa, que lhe chama ou prende a atenção. Para o autor, as pesquisas em educação, relacionadas às atividades experimentais tem se dedicado ao estudo do interesse, mas não da motivação. Exemplos de motivação seriam aqueles no qual um aluno decide persistir no estudo de um ou mais temas científicos após terminar seus estudos regulares; decide participar de um clube de ciências; faz os deveres de casa muito bem feitos ou faz outras atividades não marcadas; assina e lê revistas de divulgação científicas, etc. O interesse, por sua vez, é subdividido por teóricos da psicologia em pessoal e situacional.

O interesse pessoal está associado à ordem das escolhas preferências da pessoa, ou os desafios preferenciais que ela deseja enfrentar em certas atividades ou domínios do conhecimento. Quando apresentada a oportunidade de escolha, uma pessoa prefere estudar aquilo que lhe interessa. O interesse situacional deve ser entendido como um interesse que é estimulado em um indivíduo por ele estar situado em um determinado contexto ou ambiente, como no caso em que um aluno realiza uma atividade escolar em um laboratório de ciências. O interesse situacional, ao contrário do interesse pessoal, é passível de ser influenciado por um curto período de tempo. Desse modo o professor tem a oportunidade de alterar a efetividade do aprendizado do estudante em um contexto específico. É importante ressaltar que enquanto o interesse pessoal é relativamente estável e menos propenso às mudanças, ele não é imune às influências situacionais, uma vez que fatores individuais ou pessoais sempre interagem com fatores situacionais, para criar ou não interesse.

Na literatura em educação em ciências os termos motivação, interesse e engajamento, do qual iremos tratar mais adiante, são, na maioria das vezes, utilizados de modo indistinto, sem que ocorra uma definição precisa dos termos.

Laburu (2006) mostra que as atividades experimentais podem servir de poderoso estímulo, como componente inicial para despertar ou manter o interesse dos alunos nos

conteúdos trabalhados. O professor tem amplo poder de decisão sobre certas estratégias de ensino que visam maximizar a motivação dos alunos, apesar de reconhecer ter curta, porém, significativa influência como promotora da aprendizagem. A aprendizagem de qualidade é entendida como resultado do encontro da motivação com elementos cognitivos, o primeiro fator pouco explorado pelos educadores e o segundo sempre supervalorizado.

As orientações sociocognitivistas que estudam a motivação demonstram a existência de duas orientações motivacionais: a intrínseca e a extrínseca. A motivação intrínseca configura-se como uma tendência natural para buscar novidades e desafios. O indivíduo realiza determinada atividade por considerá-la interessante, atraente ou geradora de satisfação. É uma orientação motivacional que tem por característica a autonomia do aluno e a auto-regulação de sua aprendizagem.

Denominamos motivação extrínseca aquela na qual a motivação para a atividade – trabalho, esporte, estudos – está associada a uma resposta a algo externo à atividade, como obtenção de recompensas externas materiais e sociais ou de reconhecimento; geralmente, com o objetivo de atender solicitações ou pressões de outras pessoas. No contexto da sala de aula, podemos identificar este tipo de motivação quando os alunos acreditam que seu envolvimento nas atividades fará com que recebam elogios e melhores notas. Observa-se que as duas formas de motivação mutuamente se influenciam, sendo muito difícil não encontrar elementos de uma em outra. Por vezes, o que leva os alunos a realizarem determinada tarefa de um certo modo é a motivação externa, mas logo a situação em si desencadeia um maior envolvimento na tarefa, e podemos assim dizer que a motivação intrínseca passa a ser o motor principal da ação realizada.

Pintrich e Schunk (1996) definem quatro componentes das atividades escolares que estão diretamente relacionados à motivação intrínseca, e que nossas análises das atividades experimentais dos professores investigados, corroboram: o desafio, a curiosidade, o controle e a fantasia. Como aponta Laburu (2006)

O desafio caracteriza-se pela promoção de uma situação com certa complexidade, em que as habilidades ou conhecimentos dos estudantes são provocados, mas num nível intermediário de dificuldade, de forma passível de ser vencido com um emprego razoável de esforço. A curiosidade manifesta na conduta exploratória é ativada por situações ambíguas, incongruentes, surpreendentes, inesperadas, de novidade, que despertam a atenção dos alunos pelo fato de estarem em desacordo com suas crenças ou conhecimentos anteriores, além de incentivá-los a buscar a informação necessária para sua explicação. O controle refere-se a uma situação em que o sujeito percebe-se fazendo parte do processo de aprendizagem, sabe que os resultados de desempenho dependem de seus esforços, tem a oportunidade de ser ouvido e pode fazer escolhas entre exigências diferenciadas. Por último, a fantasia caracteriza-se por situações que envolvam um faz-de-conta, favorecendo a motivação quando promove satisfações vicárias que não ocorreriam facilmente em situações reais.

O planejamento das atividades experimentais contempla principalmente as três primeiras categorias – desafio, curiosidade e controle -, reforçando desse modo o resultado de pesquisas conduzidas por White (1986) na qual mostram que atividades vividas e experimentadas com prazer são raramente esquecidas. Em algumas dessas situações, os alunos têm maior liberdade de exploração do fenômeno, envolvendo curiosidade, desafio e possibilidade de controle sobre a situação. Em outras, o professor conduz o aluno por um caminho que o leva a conectar os fenômenos aos modelos físicos que vão sendo apresentados ou utilizados na interpretação de situações novas. Atividades experimentais que provocam sons ou brilhos intensos, mudanças bruscas de temperatura ou cor e aqueles que produzem o inesperado podem ser encontrados em quase todos os conteúdos de Física, servindo a este propósito inicial de estímulo. Segundo Laburu (2006), cabe ao professor, de modo planejado, realizar a transição gradual do sensório para o intelecto, do espetacular para a elaboração de diagramas, gráficos, modelos que promovam o descolamento do mundo dos objetos para o mundo das ideias, de modo que ao aluno permaneça com sua atenção voltada para a resolução da atividade proposta.

Abrahams (2009) ao estudar a motivação em alunos de 11 a 16 anos em 8 escolas inglesas mostrou que muitos alunos preferem as aulas de laboratório não por elas serem melhores em si, mas sim, melhores que as outras metodologias de aulas de ciências: os alunos não precisavam, nas aulas de laboratório ficar copiando a matéria do quadro. O mesmo estudo mostrou que muitos professores optam por atividades práticas por perceberem que essas permitem aos alunos que apresentam menor desempenho acadêmico uma maior interação com a disciplina, bem como facilita o manejo da turma no aspecto disciplinar. Outro resultado do estudo relaciona à passagem mencionada no parágrafo anterior no qual cabe o professor fazer a passagem do “espetacular para diagramas e gráficos”. Muitos dos alunos ingleses perdem o interesse pelas disciplinas científicas ao perceberem que muito do que era apresentado nas aulas inaugurais (Open Day) – explosões, sons, fumaças, cabelos eriçados – não eram recorrentes durante o curso.

O termo engajamento é usualmente encontrado junto ao termo mais específico, o engajamento disciplinar produtivo, EDP, (Engle e Conant, 2002). O EDP permitiria, segundo os autores, verificar o nível de alcance do envolvimento dos alunos em temas e práticas de uma disciplina e quão efetivo este está sendo. O engajamento pode ser verificado analisando a construção global do discurso dos estudantes, ao estabelecer a forma de participação dos estudantes, que parcela dos estudantes participam e como as respostas apresentadas pelos

alunos são consideradas e desenvolvidas por outros estudantes. Para estudantes estadunidenses, onde o estudo foi feito, os autores inferiram que um maior engajamento ocorre quando: i) muitos estudantes no grupo apresentam contribuições significativas para o tópico em discussão, ii) as contribuições estão minimamente coordenadas, ao invés de independentes, iii) poucos estudantes não estão envolvidos nas atividades em questão, iv) os estudantes estão atentos às proposições dos outros, o que pode ser evidenciado pela posição corporal e o olhar, v) os estudantes frequentemente se envolvem de modo passional,vi) espontaneamente os estudantes reengajam-se em um tópico e continuam engajados por um longo período de tempo.

Pensamos que o termo engajamento seja mais ativo do que o termo interesse. Eu posso me interessar por algo e permanecer como expectador da ação desencadeada por outro. Ao contrário, o engajar-se implica um movimento do sujeito em ação. Nas aulas que acompanhamos, veremos em certas situações o visível interesse dos estudantes nas aulas por meio de comentários com colegas, posicionamento e postura corporal, expressões ou entonações, entre outras. Falaremos em engajamento quando, além dessas características, os sujeitos se dispõem a elaborar, com os colegas e professor, soluções para os problemas apresentados, quando colocam questões novas, questionam pontos de vista, elaboram a partir de outras contribuições de colegas a um debate, etc.

Para Eagle e Conant (2002), o fato de os estudantes estarem engajados não implica que esse engajamento seja disciplinar. O engajamento disciplinar ocorre quando existe um certo paralelismo entre o que os alunos estão fazendo e o tratamento do tema pela ciência escolar. O terceiro adjetivo (produtivo) qualifica um engajamento que é acompanhado por algum progresso intelectual. O que se apresenta como produtivo depende da disciplina, de uma tarefa específica, de um item e do lugar que os alunos encontram-se ao iniciar a tarefa. Pode-se verificar esse engajamento disciplinar produtivo na medida em que se verifica uma melhora na qualidade e sofisticação dos argumentos apresentados. Para que isso ocorra, Engle e Conant enumeram 4 princípios que devem ser seguidos: 1) problematizar os conteúdos; 2) conceder autoridade aos estudantes; 3) conceder aos estudantes responsabilidade para com os outros e com as normas disciplinares; 4) prover os estudantes de recursos relevantes. Procura-se mostrar na pesquisa como as atividades experimentais conduzidas pelos professores estão correlacionadas a um maior ou menor engajamento por parte dos estudantes.

### 4.3. Dialogia na educação em ciências

O conceito de dialogia, amplamente empregado nesse trabalho, nos remete necessariamente ao conceito de enunciados e enunciação formulados por Bakhtin e seus intérpretes. Para Bakhtin (1985), o enunciado, e não a oração, é a unidade mais útil para se compreender o fenômeno da comunicação verbal. A oração é vista como unidade fundamental da língua, mas que não mantém relação com o contexto de produção, sendo, portanto, uma abstração não inserida em um discurso. O enunciado, por sua vez, é visto como unidade real da comunicação verbal, que leva em conta a situação concreta no qual a comunicação ocorre, os aspectos contextuais de produção. Quando uma pessoa fala, ela fala para alguém, necessitando ser respondido, isto é, uma réplica é esperada: existe um horizonte espacial comum entre os interlocutores, um conhecimento e compreensão comum, o que suscita em uma avaliação. Não importa apenas o que se fala, mas também devem ser incluídos aqueles que falam, como falam, quando falam e de onde falam. É a construção desse contexto extraverbal que faz com que o discurso não seja apenas um fenômeno associado à linguística, mas um enunciado cheio de sentido para aquele que ouve. E cada enunciado pressupõe uma coparticipação entre os interlocutores, formando dessa maneira uma rede de relações dialógicas.

O dialogismo, em uma forma mais ampla, se impõe na medida em que a construção de nosso mundo está inexoravelmente ligado ao outro: qualquer consciência individual é formada no pano de fundo do que foi e será dito por outros e das práticas sociais da comunicação humana. O diálogo pode ser compreendido não somente como a comunicação verbal de pessoas colocadas frente a frente, mas toda comunicação verbal de qualquer tipo que seja. Dirigimos nossos enunciados a outros e, assim, necessariamente, pelo menos duas vozes estarão presentes: a voz de quem enuncia e a voz daquele a quem o enunciado se dirige. Dessa maneira, nenhum discurso é palavra primeira e nem a última palavra sobre um tema, todo enunciado se apoia no que já foi dito sobre o tema e antecipa outros dizeres (Bakhtin, 1986).

A sala de aula de Ciências, como qualquer outra, forma um complexo sistema social, do qual o discurso é uma prática cultural essencial, formando uma *comunidade discursiva*. Hemais e Biasi-Rodrigues (2005) a definem como um grupo de pessoas que trabalham frequentemente juntas e que têm uma noção estável dos objetivos estabelecidos pelo grupo. Apesar de estável, a noção dos objetivos pode ser alterada. As comunidades discursivas

desenvolveriam uma variedade de gêneros falados/falados-escritos e escritos com o propósito de monitorar os objetivos do grupo. Os membros mais experientes do grupo percebem de maneira mais evidente as características discursivas desses gêneros. Cabe aos membros mais novos dessa comunidade compreender o jogo semântico para que se insiram de modo convincente nessa comunidade.

Para além do dialogismo como característica geral da linguagem, Mortimer e Scott (2003) buscam, na obra de Bakhtin, a distinção entre gêneros de discurso mais fechados em um único ponto de vista e outros, mais abertos a múltiplas perspectivas ou pontos de vista. O primeiro tipo de discurso é denominado ‘discurso de autoridade’ ou ‘autoritativo’, e o segundo tipo, denominado ‘discurso dialógico’ ou ‘internamente persuasivo’. Para Mortimer e Scott (2003), os dois tipos de discurso cumprem diferentes funções: enquanto a função do discurso autoritativo é o de ser fiel a um ponto de vista a ser transmitido, a função do discurso dialógico é a de gerar novos significados. Por essa razão, dizem os autores, nas salas de aula de ciências, os dois tipos de discurso podem se alternar, segundo os propósitos do ensino e as formas de participação da classe.

O quadro 1 apresenta os indicadores proposto por Scott, Mortimer e Aguiar (2006) característico do discurso dialógico e do discurso de autoridade em salas de aula de ciências.

**QUADRO 1 – Indicadores do discurso de autoridade e dialógico**

	Discurso de autoridade	Discurso dialógico
Definição básica	✓ Foco em um única perspectiva, normalmente o ponto de vista da ciência escolar	✓ Aberto a diferentes pontos de vista
Características típicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sem interanimação de ideias;</li> <li>✓ Contornos definidos;</li> <li>✓ Mais de um ponto de vista pode ser representado, mas apenas um é dado a atenção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os rumos mudam à medida que as ideias são introduzidas e exploradas;</li> <li>✓ Não há limites definidos;</li> <li>✓ Interanimação de ideias em diferentes níveis (alto e baixo);</li> <li>✓ Mais de um ponto de vista é representado e considerado</li> </ul>
Função do professor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A autoridade do professor é clara e manifesta;</li> <li>✓ O professor assume o controle da direção do discurso;</li> <li>✓ O professor age como um vigia dos pontos de vista;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ O professor assume uma posição neutra, evitando comentários que expressem julgamentos;</li> <li>✓ Existe uma grande simetria na interação entre o professor e o estudante.</li> </ul>
Intervenções do professor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ignora/rejeita as ideias dos estudantes;</li> <li>✓ Molda as ideias dos estudantes;</li> <li>✓ Faz perguntas instrucionais;</li> <li>✓ Verifica e corrige;</li> <li>✓ Afunila a direção do discurso,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disponibiliza as contribuições dos estudantes;</li> <li>✓ Busca esclarecimentos e elaborações mais profundas;</li> <li>✓ Formula perguntas genuínas;</li> <li>✓ Testa a compreensão dos</li> </ul>

	de modo a evitar a dispersão.	estudantes; ✓ Compara e contrasta diferentes perspectivas; ✓ Encoraja a formulação de ideias dos estudantes.
Demanda dos estudantes	✓ Seguir a direção e as pistas apresentadas pelo professor; ✓ Seguir a linguagem científica escolar ao seguir as orientações do professor; ✓ Aceitar o ponto de vista da ciência escolar./	✓ Apresentar pontos de vista pessoais; ✓ Ouvir os outros (estudantes e professores) ✓ Compreender as ideias dos outros; ✓ Construir e aplicar novas ideias através do dialogo com outros.

Com muita frequência, observamos em situações particulares de discurso em sala de aula uma transição entre esses dois tipos de discurso, ou seja, um discurso que tem algumas características de discurso dialógico e outras, de discurso de autoridade. Por exemplo, o professor pode fechar o discurso a um único ponto de vista, da ciência escolar, mas haver alguma interanimação de ideias na produção, com a participação dos estudantes, de um enunciado adequado ao contexto. Além disso, os autores apontam para uma tensão entre o discurso dialógico e o discurso de autoridade nas escolhas que fazem os professores (Scott, Mortimer e Aguiar, 2006) e, ainda, nas formas de participação dos estudantes (Aguiar, Mortimer e Scott, 2009).

Como veremos ao longo dos episódios analisados nesta dissertação os professores, quando trabalham com ideias científicas com seus alunos, vivenciam um dilema real em decidir se devem abrir o discurso e a agenda ou, ao contrário, devem conduzir o tema com uma abordagem mais focada na perspectiva científica, evitando dispersão. No primeiro caso (discurso dialógico), abre-se mão do controle sobre os enunciados e da condução do tema da aula, mas ganha-se liberdade na expressão e exame de pontos de vista científicos e não-científicos. No segundo caso (discurso de autoridade), o controle sobre a aula é maior, mas perde-se a presença efetiva das ideias dos estudantes na construção dos enunciados científicos. A distinção entre discurso dialógico e discurso de autoridade permite, segundo Mortimer e Scott (2003) indicar como os professores trabalham com os estudantes para desenvolverem ideias em sala de aula.

Além da distinção acima, Mortimer e Scott (2003) apontam para variações na ‘abordagem comunicativa’ em sala de aula, considerando a presença ou ausência de turnos de fala dos estudantes. Quando o discurso é conduzido apenas pelo professor, em um aparente monólogo, os autores o denominam ‘não-interativo’ e, quando o discurso contém turnos de

fala dos estudantes é considerado ‘interativo’. Entretanto, um discurso interativo pode ser dialógico ou não-dialógico (autoritativo) conforme reconheça e discuta diferentes perspectivas (interativo-dialógico) ou esteja centrado apenas em uma única perspectiva (interativo de autoridade). É possível, ainda, que um discurso não-interativo seja, em essência, dialógico quando o professor apresenta as vozes de perspectivas dos estudantes ou de diferentes perspectivas na construção de ideias na ciência e as considera na produção de seus enunciados.

Na relação que se estabelece na sala de aula de ciências entre seus partícipes, a noção de discurso dialógico assume uma posição central. Por um lado, a argumentação, importante instrumento para a construção da ciência canônica e escolar, necessariamente é dialógica, pois esta se estabelece pelo intenso debate de correntes teóricas plurais, nos quais os argumentos são construídos e avaliados conectando as ideias e evidências associadas (Duschl and Osborne, 2002 apud Scott, Mortimer e Aguiar, 2006). Por outro lado, não é possível construir ideias científicas apoiado apenas em discurso dialógico. Ademais, o discurso da ciência é um discurso de autoridade, na medida em que oferece uma visão estruturada e internamente consistente do mundo. Assim, a voz de autoridade é um importante aspecto na construção das ideias científicas e não seria possível ser introduzido às ferramentas culturais do pensamento científico sem orientação e assistência. Por outro lado, o discurso de autoridade quando exclusivamente adotado na educação em ciências gera uma posição dogmática frente à ciência e uma incompreensão das diferenças e relações entre ideias científicas e não-científicas acerca de um tema. Se os alunos não são capazes de diferenciar a perspectiva científica escolar do seu conhecimento pessoal, baseado no senso comum, o resultado esperado é um amálgama entre essas duas formas de conhecimento e uma compreensão inadequada das ideias científicas.

Uma das questões de pesquisa deste trabalho consiste em examinar em que medida a presença de atividades práticas nas aulas de física aumentam as formas de participação dos estudantes em classe e se propiciam momentos de maior dialogia em sala de aula.

#### **4.4. Considerações finais do capítulo**

A breve revisão de bibliografia relativa à inserção das atividades experimentais no ensino de ciências descritas neste capítulo mostram que não podemos associar à utilização dos recursos experimentais a um único ou principal propósito. Parece-nos que a extensa defesa

tácita do uso das atividades experimentais possa ser atribuída exatamente à vasta gama de objetivos que podem ser delineados com o uso de experimentações, isto é, pode-se dar suporte a quase todo objetivo que se deseja no ensino de ciências (White, 1996).

Shulman e Tamir (1973) classificaram em cinco categorias os objetivos associados: habilidades, conceitos, habilidades cognitivas, compreensão da natureza da ciência e atitude. Podemos acrescentar outros propósitos como o conhecimento de uma técnica específica – utilizar um microscópio, realizar medidas em um voltímetro – bem como aprender como planejar uma investigação científica para resolver um problema. Em ambos casos as atividades experimentais são apenas meios.

Nos episódios analisados a seguir, nos quais os professores Beto e Pedro utilizam de forma recorrente as atividades experimentais para promover a aprendizagem de Física em suas aulas, fica muito marcado a construção de eventos que sejam memoráveis. Novamente, White (1996) nos chama a atenção para a pouca pesquisa na área de ensino de ciências relacionada à conexão entre esses episódios memoráveis cuja importância está em conectar o aprendiz com o conhecimento que lhes dá sustentação. As pesquisas feitas pelo autor citado mostraram que: i) relembramos acontecimentos que são vívidos e raros, e ii) quanto mais central é a ação da pessoa, maior é a importância atribuída no momento, não importando se o evento foi prazeroso ou não.

Realizar conexões nas quais o desafio, a curiosidade, a motivação, o diálogo, as noções prévias e o conhecimento científico são apresentados, nos parece ser um bom motivo para que as atividades experimentais possam ser realizadas em sala de aula, como procuraremos mostrar nos episódios analisados das aulas a seguir.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Professor Beto – Escola X**

As primeiras aulas analisadas são as do Prof. Beto (nome fictício), professor da rede particular, que trabalhou em 2008 com uma turma de 3ª série do ensino médio. O professor tem à sua disposição uma sala ambiente na qual os alunos se deslocam para participar das aulas de Física, em um espaço no qual as carteiras estão dispostas em tablados (3 níveis diferentes) na forma de um arco, simulando um teatro de arena, de modo que todos possam ter uma visão privilegiada do professor e da mesa na qual trabalha. Nessa mesa central existe a possibilidade de trabalhar com montagens compartilhadas que, caso necessário, podem ser projetadas em uma tela com o auxílio de uma filmadora e um projetor multimídia. A sala é equipada com um ar condicionado, computador, um pequeno almoxarifado no qual são guardados os kits experimentais. Na maioria de suas aulas nessa escola o Prof. Beto conta com um auxiliar de laboratório que o ajuda nas montagens das atividades.

A estrutura da aula é usualmente composta pela alternância entre atividades compartilhadas montadas na bancada central e apresentação de slides utilizando programas como o PowerPoint. Quando não é possível apresentar as atividades compartilhadas, o Professor Beto procura mostrar a filmagem da experiência ou utiliza o recurso de simulações obtidas de vários sites de ensino de Física. As atividades compartilhadas que ele faz são acompanhadas de perguntas feitas à classe, com uma expectativa (nem sempre bem sucedida) de participação dos estudantes na construção das explicações aos fenômenos. À medida que o conteúdo vai se desenvolvendo, e as perguntas dos alunos vão sendo elaboradas, o professor Beto busca sempre responder às questões utilizando recursos experimentais. Sempre na última aula da semana o professor apresenta, no início da aula, um pequeno filme ou uma sequência de slides sobre assuntos que não estão diretamente associados ao tema de Física, mas que ele julga importante apresentar para os alunos, tendo o duplo propósito de reduzir a permanente tensão para os exames de vestibular, bem como de propiciar uma rápida discussão sobre aspectos éticos da sociedade. Uma entrevista com o Prof. Beto mostrou que em sua formação profissional foi muito influenciado pelo Prof. Foureaux, um dos artífices dos materiais didáticos Bender – kits de experimentos de Física que estavam muito presentes no cotidiano das salas de aulas de várias escolas brasileiras na década de 80, do século passado e cuja construção se deve ao padre alemão Aloísio Finchel, inspirado em materiais didáticos alemães da fabricante Phywe. Esta influencia se estendeu a outros professores estagiários e monitores

que compartilharam experiências profissionais com o Prof. Beto ao longo dos seus 30 anos de magistério.

As aulas do professor foram acompanhadas por 2 meses, sendo que nas duas primeiras aulas, o autor desse trabalho não fez nenhum registro escrito e gravação de áudio ou vídeo. No terceiro encontro iniciou-se os registros escritos e posteriormente os registros em vídeo, perfazendo um total de 9 encontros de 50 minutos (previstos) cada. O material de gravação em vídeo foi de aproximadamente 470 minutos, acrescidos de anotações de campo, registros de entrevistas com o professor e questionário com os alunos da classe observada. Nas sequências de ensino registradas foram desenvolvidos os tópicos relativos à Introdução à Óptica Geométrica até Espelhos Esféricos. A distribuição de aulas por conteúdo segue abaixo:

- 1ª aula: introdução aos elementos da óptica geométrica
- 2ª aula: correção de atividades avaliativas
- 3ª aula: sombras, fontes de luz, estações do ano e eclipse
- 4ª aula: espalhamento, reflexão da luz, leis da reflexão.
- 5ª aula: formação de imagens nos espelhos planos;
- 6ª aula: correção de atividade avaliativa;
- 7ª aula: campo visual, elementos dos espelhos esféricos;
- 8ª aula: formação de imagens nos espelhos esféricos
- 9ª aula: formação de imagens nos espelhos esféricos;

Os recursos experimentais foram utilizados em todas as aulas, exceto naquelas de correção das atividades avaliativas. O recurso do uso de projetor multimídia foi utilizado em todas elas. Uma das preocupações do autor do trabalho foi o fato de esse conteúdo já ter sido estudado pelos alunos no ano anterior, o que alteraria a análise das perguntas elaboradas pelos alunos, bem como influenciaria de modo significativo os questionamentos feitos durante as aulas. Nas entrevistas realizadas com o Prof. Beto, foi esclarecido que essas atuais turmas de 3ª série não estudaram o conteúdo relativo à Óptica, devido à ajustes feito no planejamento no ano anterior.

#### **5.1.1. Mapa de eventos das aulas**

Para representar como o tempo foi gasto e como o espaço da sala de aula foi utilizado pelos participantes, organizamos os mapas de eventos. Este recurso é utilizado por

pesquisadores da etnografia interacional e pode ser definido como uma transcrição de um evento da história de um grupo, construída pelos sujeitos através do processo dialógico e interacional. Os mapas construídos encontram-se no anexo 4 desta dissertação. Para tal utilizamos as seguintes categorias: 1. Marcação dos episódios e sequências interativas; 2. Tempo inicial / final; 3. conteúdo temático; 4. padrões de interação; 5. ações do professor; 6. participação dos alunos; 7. recursos utilizados. Para preencher os quadros, utilizamos aspectos verbais e não verbais das aulas e, ainda, algumas anotações do caderno de campo.

### **5.1.2. Análise de episódios**

Durante todo o período em que foi feito o acompanhamento das aulas do Prof. Beto, vários foram os momentos nos quais encontramos evidências das ações empreendidas junto aos alunos relacionadas à dialogia, à mediação entre os mundos empírico/teórico e ao engajamento e interesse dos estudantes.

#### **5.1.2.1. Análise 1**

Como de hábito, em toda última aula da semana o professor Beto, antes de começar a discutir o conteúdo de Física, passa um pequeno trecho de filme ou sequência de slides sobre um tema que não está diretamente ligado ao assunto de Física. Segundo ele, o propósito é reduzir um pouco a tensão existente entre o forte ritmo de estudo ao qual os alunos são submetidos no último ano do ensino médio, bem como a exposição de pontos de vista que coadunem as crenças filosóficas do professor. Usualmente ele faz comentários sobre os filmes que passa, mas nesse dia, um problema disciplinar o obriga a se ausentar do início da aula, e a auxiliar de laboratório assume o papel de comentarista.

No início da aula, o professor relembra com os estudantes os conteúdos anteriores: independência de propagação e reversibilidade dos raios luminosos. O episódio descrito a seguir ocorre em uma das primeiras aulas na qual os fundamentos da óptica estão sendo apresentados aos alunos e, nesse momento serão estudados as características da reflexão da luz. O professor utiliza um projetor para apresentar alguns slides de modo a criar um interesse pelo tema. Para isso, associa o espelho (e as imagens por ele formadas) à lenda de Narciso. A forma escolhida para fomentar a discussão não obteve adesão por parte dos alunos, pois nenhum comentário foi feito por eles. O professor, então, propõe uma discussão sobre o porquê de o céu ser azul. Nas transcrições das aulas do professor Beto e Pedro, utilizamos

trechos entre parênteses quando desejamos fazer um comentário rápido e dois parêntesis quando se faz necessário realizar um comentário que ajuda a representar o quadro descrito da sala de aula (movimentos realizados pelos alunos ou professor, por exemplo).

Transcrição – trecho da discussão sobre a atmosfera	Comentários contextuais
1. Prof.: Temos aqui uma situação bem curiosa que poderia começar com a seguinte pergunta / Quando você está de dia aqui na Terra e olha para o céu / o céu está claro/ o céu é azul e o céu está claro/ Se eu estivesse na Lua/ de dia na Lua/ isto é/ vendo o Sol ((aponta o dedo indicador para cima))/ se eu olhar prá // prá atmosfera da Lua ((indica com o dedo a trajetória da lua na abóboda celeste))/ como é que você veria o céu?	Na tela do quadro está projetada uma imagem de uma xícara sobre uma mesa muito polida, formando uma imagem invertida da xícara. Essa figura serve de abertura para o capítulo sobre Reflexão da Luz.
2. Aluna 1: Preto	
3. Prof.: Preto// E porque que lá é preto e aqui é azul?	
4. Aluno 2: Por que não tem oxigênio/	
5. Prof.: Por que não tem oxigênio/ A questão é oxigênio?	
6. Aluna 1: Não/ É a incidência do Sol.	
7. Prof.: Aonde?	
8. Aluno 1: Na Lua	
9. Aluno 3: Na atmosfera	
10. Prof: Na Lua?	
11. Aluna 2: Na água.	
12. Prof: Na água?	
13. Aluno 3: Na atmosfera.	
14. Prof: Vocês entenderam a pergunta?/ Ok? /Por que que o céu de dia aqui na Terra é claro e o céu na Lua de dia é escuro?	
15. Aluno: (várias respostas misturadas)	
16. Prof: Como é que você falou? /Reflete? /O que que reflete? /O que que absorve?/ Quem absorve?/ A lua absorve?	
17. Prof.: Me faz um favor/abaixa só um pouquinho o ar condicionado/	Prepara uma montagem sobre a mesa central da sala. Monta um suporte no qual coloca um tubo laser apontado para os alunos.

Entre os turnos 1 a 16 os alunos revezam em uma série de respostas à pergunta feita inicialmente pelo professor (como seria visto o céu da Lua durante o dia) e somente no

momento em que uma das respostas lhe interessa é que ele interrompe as outras respostas dos alunos para resgatar o ponto da discussão que lhe interessa: “Como é que você falou?/Reflete?” (turno 17). Das várias respostas apresentadas à pergunta (oxigênio, Lua, água, atmosfera) ele opta por não explorar a conexão causal entre essas respostas e o fato a ser explicado. Espera até o momento no qual a palavra que lhe interessa é dita (atmosfera – turno 9 e 13) para então associá-la a outra palavra (reflete – turno 16). A associação entre as duas palavras – atmosfera e reflexão) abre o caminho que o professor possa apresentar aos alunos a experiência da luz laser espalhada pelo pó de um talco polvilhado por ele. Isso permite fazer uma analogia que poderia ter ficado mais explícita: o talco permite aos alunos verem o feixe vermelho da fonte de laser, assim como as partículas da atmosfera permite aos habitantes da Terra observar o céu da cor azul.

<p>18. Prof: Então/ para discutir essa questão a gente começa com uma montagem aqui bem rápida/ que é a seguinte//Você certamente vai falar “<i>essa montagem eu já vi/ já vi</i>” /Com a evolução da tecnologia vocês todos devem ter comprado canetinha laser já, canetinha laser custa 5/ 10 reais para brincar com esta canetinha/Esta canetinha laser/ao mesmo tempo que ela é uma brincadeira/ela é um pouco perigosa/ Tem que tomar alguns cuidados com a canetinha laser/ Primeira coisa que nós vamos fazer é virar para cá/ ((muda o sentido do tubo laser, dos alunos para o quadro)).</p>	<p>Move-se de um lado para outro as sala.</p> <p>Apesar de mencionar uma caneta laser o professor trabalhar com um laser de hélio-neônio de bancada.</p>
<p>19. Aluna: Por quê?</p>	
<p>20. Prof: É porque você não pode olhar diretamente para este laser/ não pode/ não deve/e se ele atingir a sua retina ele pode danificá-la/ Eu me lembro aqui que esse laser tem mais de 20 anos/ ele está fraquinho/ já enfraqueceu já/ mas me lembro que da primeira vez que nós compramos isso aqui a gente tinha um aluno que “puf” /botou o olho aqui dentro/ ele ficou vendo uma bola vermelha durante 2 dias// Passamos um aperto louco/ falamos/ falamos/ falamos/ falamos “não olhem para o laser direto e tal”/ mas o menino chegou lá e “puf”// botou o olho/ não pode fazer isso de jeito nenhum/ Pois é/mas mesmo assim a primeira pergunta e a seguinte/vamos ver se vocês conseguem ver a relação de (inaudível) com a outra/ Olha para essa/ para esse laser aqui/ (o aparelho está ligado e uma luz vermelha é vista no quadro). Vocês estão vendo o laser? /Aonde é que está o laser?</p>	<p>Liga o tubo laser e uma luz intensa vermelha incide no quadro, de frente para os alunos.</p> <p>Desliga o projetor e deixa a sala toda escura, apenas o ponto vermelho no quadro pode ser visto.</p>
<p>21. Alunos: No quadro</p>	
<p>22. Prof: Bom a fonte ta lá ((apontando para o tubo))/ mas a luz está do lado de cá ((apontando para o quadro))/ Ta certo?/ Ai eu pergunto? /Mas porque que eu não vejo o laser passando aqui?</p>	

((acena para a região entre o tubo e o quadro))	
23. Aluno: É/ boa pergunta/	
24. Prof.: Aqui/ está na minha mão (passando a mão entre a tela e a fonte)/ Mas aí? /Por que que agora você vê o laser está na minha mão? /O que está acontecendo aqui? /A luz //	O prof. coloca sua mão entre a fonte e o quadro.
25. Aluno: Reflete.	
26. Prof: A luz // O que? A luz está batendo e fazendo o que? //	
27. Aluno: Refletindo.	
28. Aluna: Refletindo na parede	
29. Prof: Então para poder ver a luz/ a luz tem que refletir no meu olho/ não tem?	
30. Aluno: Tem que bater/	
31. Prof: Então a luz está batendo naquela parede e refletindo no meu olho/ Joia/ Por que que eu não vejo a luz aqui./ ((apontando para o espaço entre a fonte e a tela do quadro)).	
32. Vários alunos: Porque não tem superfície/ Porque não esta batendo/ Porque a frequência é muito alta.	
33. Prof: Porque tem que ter alguma superfície/ Então que tal se a gente fizesse isso aqui ((colocando pó de talco na espaço entre a fonte e o quadro))/ Alá/	O prof. joga um pouco de talco no ar, entre a fonte e o quadro, de modo a tornar visível o feixe de luz
34. Alunos: Ah!	
35. Aluno: Igual poeira no Sol./	
36. Prof: Isso/ Nossa, eu joguei muito/cheirinho de neném aqui/	

Parece-nos que somente quando as respostas apresentadas pelos alunos à pergunta inicial propiciaram os elementos para que a montagem pudesse ser realizada (“Reflete? /O que que reflete? /O que que absorve?/ Quem absorve?/” – turno 17) é que o professor resolve não acolher mais as respostas e discutir as últimas frente ao aparato experimental. Antes disso porém, conta um episódio ocorrido com aquele tubo, no sentido de fazer com que os alunos foquem sua atenção para o que será dito a seguir.

Uma das estratégias do Prof. Beto em assegurar que os alunos estejam atentos às suas explicações e participem das discussões, é entremear casos pitorescos com o conteúdo que está sendo estudado durante o desenvolvimento da aula. Nesse episódio, no turno 20, é

contado o caso de um aluno que olhou diretamente para o interior do tubo laser ligado, provocando uma persistência de imagem na retina por longo tempo (2 dias). Durante o período de observação, vários outros casos foram apresentados, quase sempre gerando interesse por parte dos alunos. Para exemplificar, cito dois episódios particularmente eficientes nesse propósito como: i) o de uma boate em São Paulo, cujo proprietário projetou os espaços da pista de dança e mesas utilizando as linhas ventrais e nodais produzidas pelo sistema de som local e; ii) a de um amigo do professor que condicionou o cachorro do vizinho a sentir dor, toda vez que ele latia alto, utilizando-se para isso de um sistema de som potente que emitia ultrassom. Uma preocupação recorrente do Prof. Beto, conforme entrevista posterior, é mostrar aos alunos como o conteúdo estudado pode ser aplicado em situações cotidianas como os exemplos citados acima, e que estará também presente ao final do episódio em análise. Segundo o Prof. Beto, essa é uma maneira que ele julga eficiente para que o olhar do futuro profissional que não trabalhará com os conteúdos de Física diretamente possa perceber a presença desse campo disciplinar em sua vida.

Outra característica de algumas atividades compartilhadas apresentadas pelo Prof. Beto é o do espetáculo, ou o efeito inesperado, com o objetivo de deixar registrado nos alunos um acontecimento memorável. Como observa White (1996), esses acontecimentos devem ser fortes e raros para que tenham um efeito de longo prazo e possa ser associado pelo aprendiz ao conhecimento ao qual dá suporte. Em um ambiente todo escuro, como o descrito no episódio acima, um simples pó de talco refletindo a luz de uma caneta laser tem provocado, ao longo de sucessivos anos, o mesmo efeito de espanto nos alunos. Uma dificuldade durante esse tipo de apresentação é o de não deixar de realizar as conexões necessárias entre o experimento espetacular e o conteúdo que deseja-se trabalhar para que o evento não assuma a função de mero espetáculo. Segundo relato do Prof. Beto, ao longo de seus quase 30 anos de magistério, muitas são as vezes nas quais encontra ex-alunos que ainda têm vívida a lembrança das atividades compartilhadas realizadas nas aulas de Física quando cursavam o ensino médio. Mas, antes, voltemos ao episódio:

37. Aluno: É isso que acontece com// o Sol?	
38. Prof: É isso que acontece, ou seja, na nossa atmosfera/ o que que acontece/ quando a luz bate na atmosfera/ o que que a atmosfera faz?/ Ela reflete/ ela espalha a luz/ então a reflexão não é pela superfície/ mas é pelo ar que tem um monte de poeira/	
39. Aluno: Ah é?	

<p>40. Prof: Galera/ olha que interessante/Sabem o que eles fazem hoje em dia? /Uma técnica muito interessante para se verificar a poluição da atmosfera/ Eles pegam um laser desse/ poderosíssimo e ‘‘puf’’ bota para cima e joga a luz laser na atmosfera/ Essa luz vem na atmosfera e o que é que vai acontecer? /Ela vai atingir um monte de partículas na atmosfera e ela vai ser refletida/ Colocam fotômetros/ isto é/ medidores de intensidade de luz aqui de lado assim/ e pela quantidade de partículas que tem na atmosfera/refletem a luz para baixo e eles então sabem a constituição/ sabem os detalhes da poluição da atmosfera/ Isso é um negócio muito muito interessante/ Quem mexe com astronomia sabe que a luz que vem da atmosfera e que atinge os telescópios ela é fundamental para ela ter uma boa imagem/ Por isso que os telescópios bons são colocados/ em primeiro/ locais muito alto/ sem poluição nenhuma/ não pode chover// então o que acontece/ por que a atmosfera filtra uma série de raios/ Esse raios estão chegando aqui em baixo são importantes para a gente/Então essa filtragem acaba tirando uma série de informações da luz que vem dos astros/ Por isso que a gente botou em órbita um telescópio/ Esse telescópio lá fora que é o Hubble no caso ela não tem essa filtragem que acontece/ que é feita pela atmosfera/ Então é por isso que se gasta muito/ e estão fazendo um segundo telescópio também/ caríssimo/ coisa de 4 bilhões de dólares/ uma coisa assim/ para poder orbitar e tira imagens/</p>	
<p>41. Aluna: Deixa eu ligar o ar.</p>	
<p>42. Prof: Agora pode ligar o ar por favor.</p>	
<p>43. Aluno: Por que o céu ia ser azul e não de outra cor?</p>	
<p>44. Prof: O céu ser azul é o seguinte / é o caso da/ é o problema da composição da atmosfera/ Se a atmosfera tivesse outra composição que não o.//</p>	
<p>45. Aluno: Química?</p>	
<p>46. Prof: que não o nitrogênio, você teria outra coloração/ Isso leva o nome de efeito Tyndall/ O efeito Tyndall é a explicação para este fato/Um espalhamento que existe principalmente na região do azul/ Esta certo/ então ta./ A gente fala agora de uma outra coisinha que é ... .//</p>	

Nos trechos finais desse episódio (turno 40) o Prof. Beto mais uma vez procura apresentar uma aplicação tecnológica para o conhecimento que está posto em discussão: como o assunto em pauta é a dispersão da luz pela atmosfera, aproveita-se para mencionar um método de medir a quantidade de partículas existentes no ar utilizando o laser, conforme visto em sala de aula. A pergunta feita pelo aluno no turno 43 (Por que o céu ia ser azul e não de outra cor?) redireciona a aula para outro rumo que não aquele inicialmente planejado para o conteúdo, uma vez que o fenômeno do espalhamento da luz é complexo, e para que pudesse ser trabalhado a contento, o Prof. Beto necessitaria discutir o modo seletivo de direção do

espalhamento de luz, relacionando a direção, o comprimento de onda e o tamanho das partículas. Pensamos que isso exigiria um intervalo de tempo maior do que àquele disponível ao professor no momento. Para não desenvolver o tema durante a aula, o Prof. Beto opta por apresentar uma resposta cuja elaboração de todo um processo resume-se em termo de curta extensão: Efeito Tyndall. Desse modo opta por não deixar o aluno sem uma resposta, porém não a explica de modo que o processo possa ser compreendido. O argumento de autoridade parece funcionar pois os alunos não exigem mais explicações sobre o significado do termo, se contentando apenas em relacionar o cor do céu ao Efeito Tyndall.

Esse episódio analisado, assim como os seguintes nos mostra como o professor Beto procura iniciar os conteúdos com a participação dos alunos, primeiro apresentando uma pergunta que não é trivial, nem impossível de se responder, mas que apresenta um interesse próximo: buscar esse equilíbrio entre o que pode ser respondido e suscitar novas discussões nos parece ser um elemento de destaque nas aulas observadas. Caso a pergunta seja banal, ela será logo respondida e não suscitará novas abordagens, caso seja extremamente difícil, não haverá diálogo, caso seja possível de responder mas que não possibilite múltiplas respostas, existirá um comprometimento na necessária apresentação e discussão argumentativa entre os alunos e o professor (pequena interanimação de ideias). No entanto, a participação dos estudantes é limitada – enunciados curtos, quase sempre como respostas diretas às perguntas do professor. O espaço de discussão é limitado e o discurso, centrado na voz do professor.

#### 5.1.2.2. Análise 2

O episódio a seguir, retirado da aula 9 do Prof. Pedro (anexo 3) apresenta-se um encontro de vários elementos relacionados aos três temas da pesquisa expostos. Deter-nos-emos em uma análise mais específica desse episódio.

Nas aulas anteriores da sequência de ensino, o professor abordou algumas ideias que foram utilizadas pelos estudantes no episódio que será aqui analisado ou, ainda, consideradas implicitamente compartilhadas no discurso conduzido pelo professor com a turma. Algumas dessas ideias foram: modelo de luz e visão (como a luz participa do processo de visão), modelo de raios luminosos e propagação retilínea da luz (aplicados na formação de sombras e funcionamento de pinhole), leis da reflexão, formação de imagens em espelhos planos, distinção entre imagens reais e virtuais, caracterização dos espelhos esféricos (tipos e elementos), formação de imagens nos espelhos côncavos com ajuda dos raios auxiliares.

Na aula que acompanhamos, o professor desenvolve os diferentes casos de formação de imagem nos espelhos côncavos, alterando a distância do objeto ao espelho e identificando as características e posição da imagem formada em cada caso. Tal apresentação foi sendo feita alternadamente com o apoio de recursos experimentais e registros semióticos, como aqueles mostrados na figura 1. O professor enfatizou, em tais apresentações, o foco real como local de convergência de um feixe de raios paralelos e o fato de que tal espelho permite imagens reais quando o objeto se encontra para além da distância focal do espelho. A cada diagrama, ajustava o dispositivo experimental, mostrando sua correspondência. Ao tratar tais casos, o professor indicava, ainda, aplicações práticas a elas associadas: telescópio, farol de carro, forno solar e brinquedos com imagem “holográficas”.

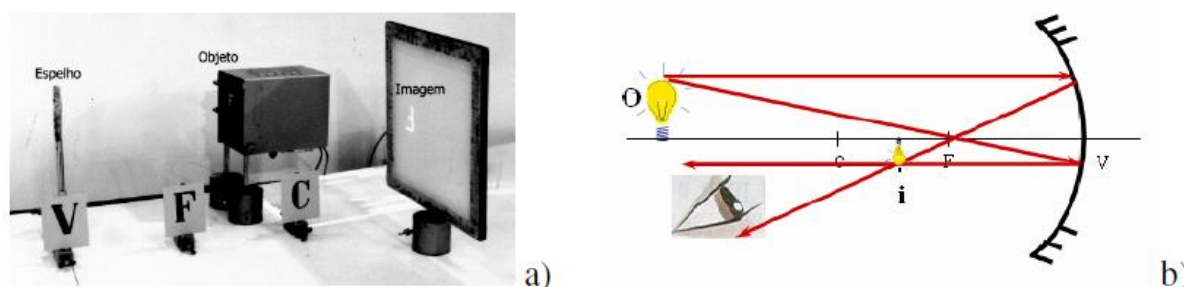


Figura 1: A) Montagem experimental feita na mesa central da sala e projetada para os alunos com o uso de uma filmadora em uma tela grande. B) Imagem de um dos slides utilizados e representativo dos elementos teóricos do estudo da formação de imagens nos espelhos esféricos.

É nesse momento, após terminar o estudo do último caso de formação de imagem real no espelho côncavo, que o professor formula a questão que dá início ao episódio estudado. A análise está dividida em duas partes, a primeira relaciona-se ao tema *O que deve acontecer caso ...?* no qual o professor apresenta o problema para a turma na forma de um desafio e a segunda parte, *Reexaminando o problema com a mediação do modelo*, são utilizadas as interações modelo-fenômeno para resolução da atividade. Caracterizaremos em cada uma dessas partes a abordagem comunicativa, o grau de participação dos estudantes e a referencialidade da fala apresentada.

### **Parte 1: O que deve acontecer caso...?**

Nessa primeira parte do episódio, cuja duração é de 1min45s, o professor lança um desafio para os alunos, provocando-os, dizendo que a pergunta que ele formularia é difícil e que somente agora após estudar os casos de formação de imagens usuais e que uma

montagem experimental está a seu dispor, é possível apresentá-la. Nesse ponto da aula, já havia sido trabalhado os casos de formação de imagens e a montagem experimental com um espelho côncavo, um objeto (letra “F”) e uma tela estão sobre a bancada central. Uma filmadora mostra toda a montagem para os alunos na tela central do quadro.

Transcrição	Comentários contextuais
1. Prof.: Farei agora uma pergunta para vocês difícil. Só porque agora eu tenho condições de fazer isto aqui na prática é que eu vou fazer aqui para. O vocês. O que acontece se você chegar aqui nesse espelho e tampar a metade dele?	O professor movimenta até a imagem do espelho projetada na tela e simula tampá-lo na metade superior.
2. Vários alunos: Vai tampar uma parte dele. Vai aparecer a metade de baixo dele....	
3. Prof: Vocês entenderam? O espelho é como se fosse isso aqui. Se eu chegar aqui e tampar a metade dele, como é que vai ser? Vai ter imagem?	O prof. (no centro da sala) retira o espelho da montagem e o tampa pela metade, mostrando aos alunos.
4. Alunos: Vai.	
5. Prof: Vai?	
6. Alunos (várias respostas juntas): Metade! Não!	
7. Prof: Qual metade vai ser? A parte de cima, a parte de baixo, ou a parte de cá, como é que vai ser?	O prof. enquanto fala, tapa a imagem da letra “F” desenhada no quadro, ora a metade de cima, ora a metade de baixo, ora a metade da esquerda, ...
8. Alunos: (várias respostas ao mesmo tempo): Depende de onde você tampar.	
9. Prof: A pergunta é? Por que é que vai aparecer a metade de baixo?	O prof. faz a pergunta enquanto desloca em direção ao lado esquerda da sala, apontando para um aluno
10. Alunos: (novamente várias respostas ao mesmo tempo): A3: Uai, porque você tampou metade do espelho.	
11. Prof: Olha para cá. Vamos tentar aprofundar um pouquinho a ideia.	O prof. aciona o controle remoto do projetor fazendo com que a imagem da montagem experimental projetada no quadro seja substituída pela imagem do diagrama de formação das imagens no espelho côncavo anteriormente trabalhada.
12. Aluna 2: Eu tenho uma ideia antes.	
13. Prof: Só um segundinho! Você quer falar? Então fala para mim!	O prof. aponta para o lado oposto da sala, permitindo a participação da aluno que desejava falar.
14. Aluna: Eu acho que não vai mudar não, eu acho que vai ser a mesma imagem, só que menor.	
15. Prof: Menor! Então tá! Imagine. Se nós tivéssemos que traçar, construir aqui, olha para cá, construir a imagem, como é que faria? Oh professor! Sai um punhado de raios daqui, não sai um punhado de raios? Sai raios para cá, para cá! Qual desses raios eu vou me interessar para construir a imagem? Os raios notáveis, de fácil construção. Quais são eles? Então vamos lá: uma incidência pára - axial Voltou. E o outro raio?	O prof. projeta na tela central a simulação de construção de imagens no espelho côncavo. Desenha no quadro, sobre a imagem projetada, vários raios saindo da parte superior do objeto que se encontra em frente ao espelho.

É interessante verificar que a apresentação do problema é colocada na forma de desafio de “uma pergunta difícilíssima” (turno 1) o que, para alunos que estão terminando o ensino médio e prestes a participarem de exames de entrada em universidades, tem um efeito motivacional maior. A participação dos alunos é intensa, mas desorganizada. Muitos falam ao mesmo tempo; as respostas são curtas e sem justificativa. Quando o professor solicita argumentos (turno 9) encontra respostas vagas como “porque você tampou a metade do espelho” (turno 10). Tal resposta parece vincular a imagem formada, enquanto totalidade, à presença do espelho e desconsidera a luz como um intermediário no processo de formação da imagem. Assim, se tamparmos metade do espelho, conseqüentemente teremos metade da imagem.

Apesar da dificuldade em identificar individualmente os alunos que estão participando com turnos de fala, é possível verificar o alto grau de envolvimento de muitos deles na elaboração de respostas, mesmo que isso ocorra de maneira um pouco desorganizada. A abordagem comunicativa desse segmento do episódio é interativa, pois vários estudantes são envolvidos na busca de solução ao problema. Caracteriza-se também como dialógica, uma vez que o professor considera o que os estudantes têm a dizer do próprio ponto de vista e não apenas do ponto de vista da ciência escolar.

As respostas apresentam uma divergência de soluções – vai cortar metade da imagem, vai ficar menor, não vai ter imagem, vai aparecer a parte de cima, a de baixo – mas, nesse primeiro momento o professor ainda não faz opção por selecionar nenhuma delas ou excluir as outras.

Ao que parece, no turno 11 o professor entende que tais manifestações esgotaram as possibilidades de enfrentamento da situação pelos estudantes e decide, então, projetar novamente na tela os diagramas de construção de imagens que vinham sendo trabalhados com a turma.

Em todo o episódio, os alunos se apoiam em referencialidade empírica – a lente sendo coberta e uma associação direta da lente à imagem formada. As justificativas apresentadas, quando existentes, não apresentam ainda referencialidade nos modelos físicos, estando apoiadas somente na “intuição” dos estudantes.

Entre a primeira e a segunda parte do episódio, temos alguns turnos de fala (do 16 ao 28) que não iremos transcrever. Neles, o professor utiliza as projeções de slides para recordar com os alunos as propriedades dos raios auxiliares na construção de imagens dos espelhos

côncavos. Inicialmente, a imagem contém apenas a representação do espelho e de uma vela e o professor lembra que ela emite luz em todas as direções. Começa, então, a projetar raios incidentes e, antes de projetar os raios refletidos, busca a previsão dos alunos. Nesse intervalo, a participação dos alunos se limita a respostas curtas às iniciações de escolha e de produto (Mehan, 1979; Mortimer *et al.*, 2007) feitas pelo professor: *por onde passa o raio após refletir no espelho? A imagem formada é maior, menor ou igual?*

### **Parte 2: Reexaminando o problema com a mediação do modelo**

Na segunda parte do episódio, o professor busca, com apoio dos recursos semióticos então evocados, conduzir os alunos à solução do problema, alternando o trabalho com os diagramas e com a montagem experimental. Abaixo temos a transcrição dos turnos 29 a 65.

<b>Transcrição</b>	<b>Comentários contextuais</b>
29. Prof. Agora olha para cá// Isso aqui/ isso aqui é um <i>modelo</i> / que vai ajudar a explicar a forma da imagem/ Então a pergunta é a seguinte// Se eu chegar aqui/ nesse meu espelho/ e se eu vier aqui e pegar a metade desse espelho// Eu vou tampar/ eu vou colocar aqui um objeto opaco// Ok/ então tá// A sua ideia foi então/ de que ela vai ficar menor	O prof. aponta para o diagrama na tela onde está desenhado o caso de formação de imagem.  O prof. vai ao diagrama e rabisca a parte superior do espelho (“colocando um objeto opaco”) com se o desejasse apagá-lo
30. Aluna: Não vai aparecer imagem!	
31. Aluno: Vai mudar o foco.	
32. Prof: O que vai acontecer com a imagem? Ela vai continuar existindo? Só metade?	
33. Alunos: (várias respostas ao mesmo tempo): ...	
34. Prof: Gente, eu quero que vocês justifiquem para mim!	Insiste na necessidade de justificativas, com expectativa de que os estudantes se valham do modelo para tal.
35. Alunos: (novamente várias respostas juntas).	
36. Prof: Vai aparecer um borrão! Por que um borrão?	
37. Aluna do fundo (junto com outros): Porque vai sumir a parte da .... Vários alunos ao mesmo tempo).	A aluna começa a fazer gestos com a mão, mostrando a trajetória do raio que vai sumir, sem contudo conseguir expressar a ideia.
38. Prof: Vocês escutaram o que ele falou aqui? A Iza <sup>1</sup> e// a // Ju/ falou. Desculpa Ju/ eu esqueci o seu nome// Perdão/ Falaram o seguinte/ que vai ter um raio// vai ter um raio que passa pelo centro/ falou isso/ E aí? Vai formar um raio então?	Vai ao diagrama e desenha outro raio luminoso auxiliar, desta vez passando pelo centro do espelho. O prof. movimenta-se em direção dos alunos, apontando para um deles que faz um comentário. Procura, assim, disponibilizar entendimentos de alguns alunos para serem pensados

<sup>1</sup> Todos os nomes de alunos aqui descritos são fictícios

	coletivamente.
39. Alunos: Vai.	Vários alunos falam ao mesmo tempo, e alguns grupos conversam entre si na tentativa de resolver o problema, sem contudo socializar com o grupo maior suas opiniões.
40. Prof: Vai? Com que modificação?	O prof. gesticula os braços, fazendo movimentos circulares.
41. Henri: Nenhuma/ nenhuma modificação (junto com vários alunos ao mesmo tempo).	
42. Prof: Como é que é Gal?	
43. Gal: Pega outros raios!	
44. Prof: AH!↑. Então tá/ Olha só que interessante/ Olha só/ Júlia e Isabela/ então qual modificação vai estar na imagem?	Aparentemente não dá atenção à sugestão, muito adequada, feita pelo aluno Gal, pois continuava centrado nas opiniões das alunas Iza e Ju que continuam conversando entre si.
45. Henri (junto com outros alunos): Nenhuma.	
46. Prof: Nenhuma.	
47. Alunos: Nenhuma / Ela vai ficar normal.	Alunos comentam entre si a solução dada, parecendo concordar com ela.
48. Prof: Então a conclusão que a gente chega/ é a seguinte// Se o espelho for grande ou pequeno/ dá na mesma// A imagem que forma é igualzinha.	Apresenta uma possível refutação à solução proposta (estrutura do argumento que vai sendo construída coletivamente)
49. Alunos: (vários ao mesmo tempo, balbuciando, sem formular frases)	
50. Prof: Pois é galera! (2s) (chama a atenção dos alunos)... questão difícilíssima essa/ né galera/ (2s) A Isa e a Ju deram um toque no (inaudível) ,existem outros raios/ Têm outros raios lá.	O prof. vai até o quadro, apaga o raio que havia desenhado saindo o objeto, refletindo no espelho e formando a imagem. Bate no quadro a seguir, para conseguir a atenção da turma.
51. Se a quantidade de raios que chega no espelho é menor/ o que você espera que aconteça com esta imagem? Essa imagem é o que? Essa imagem é. (2 s) tão brilhante↑?	O professor abre os braços, fazendo um movimento circular no ar. Turning point: opção pelo discurso de autoridade.
52. Alunos: Não.	
53. Henri: não// ela é menos nítida.	
54. Prof: não/ nítida não! Nitidez não!... é a questão é ..(2 s). não é nitidez// olha aqui galera, 3, 2, 1, já./Vou colocar/ Vou tampar aqui.	O professor retira o diagrama de imagens, volta com a montagem experimental e cobre metade do espelho.
55. Aluna: Ai que chique...	
56. Prof: Vou colocar aqui na frente / Vou tampar aqui na frente / O que está acontecendo/ Tem imagem galera?	
57. Alunos (em coro): Tem.	
58. Prof: Olha essa imagem e esta de cá / Aluna: ... a intensidade...	O prof. tampa a metade do espelho provocando uma redução na quantidade de raios que forma a imagem.
59. Prof: A intensidade da imagem.	

60. Alunos: Faz de novo! (outro) Quê isso!	
61. Prof: Olha só como a imagem ... (inaudível) ... é forte /E agora olha aqui como o que está acontecendo aqui. olha lá... olha a diferença / tem imagem? Tem imagem / Agora galera se coloca essa questão na prova, quem vocês acham que consegue responder uma coisa dessas? Vocês viram a questão! /Essa questão caiu na UNICAMP e ita há muito tempo atrás! /Difícil essa questão.	
62. Henri: Professor!	
63. Prof: Oi	
64. Henri: Por que você falou que a imagem fica menos nítida/ nitidez é porque ...	O prof. volta a retirar a montagem experimental, e retoma o diagrama de formação de imagens.
65. Prof: É porque chegam menos raios de luz no espelho/ A questão é essa/ Se você evidentemente/ chega para cá/você tampa a parte de cima/ chegam só raios na parte de baixo/ então menos raios vão ser refletidos/ então a imagem vai ser menos nítida/ por isso que você/ já que tem que pegar a luz/ que vem das estrelas/ que é muito, muito fraquinha/ se você colocar um espelho de pequena abertura pequenininho vem muito pouca luz/ você tem que pegar um espelho grandão// para chegar/ para quanto mais luz chegar/ você vai conseguir uma imagem mais forte//Então pensa lá/ você esta muito distante daqui/ a 14 milhões de anos-luz daqui/ só consegue chegar luz dele quando você pega um super/ super sensível material/ equipamento/ ok?	O prof. aproxima e afasta as mãos simulando uma abertura grande e outra pequena.
66. Henri: Posso falar "menos nítida" usar essas palavras.	
67. Prof: Nesse sentido/ Menos luminosa/ não é nitidez/ é menos luminosa/ nitidez continua existindo/ Galera outra questão importante.	O prof. volta ao computador para prosseguir com o conteúdo.

O professor inicia o turno 29 lembrando que o diagrama é um modelo, o que significa, conforme enfatizado por ele em outras aulas, uma representação do real que nos ajuda a prever e explicar fenômenos. O primeiro aspecto a destacar é o fato de que, depois de rever o modelo de formação de imagens, o professor torna a formular o mesmo problema proposto, do mesmo modo como já havia feito na primeira parte do episódio. Esse encaminhamento contém, de maneira implícita, uma sugestão: a de que o modelo irá ajudar a responder ao desafio de um outro modo, mais satisfatório. Ao que parece, os estudantes compreendem a mensagem, pois efetivamente passam a utilizar o modelo como ferramenta para uma análise do problema proposto.

A abordagem comunicativa no início desse segmento (turnos 29 a 50) apresenta-se ainda como interativa e dialógica, uma vez que muitos estudantes colaboram na construção da resposta às questões apresentadas e o professor não desconsidera nenhum dos pontos de vista. Entretanto, tal abordagem dialógica difere daquela observada na primeira parte do episódio (entre os turnos 1 e 11), pois não pretende apenas evocar e explorar os conhecimentos prévios dos estudantes mas, em lugar disso, dar espaço para que os estudantes construam uma solução para o problema dispondo, para tanto, do modelo científico. Assim, a abordagem dialógica se

apresenta aqui em outro patamar, quando os estudantes, recorrem ao conhecimento científico e a outros conhecimentos para resolver um problema para o qual não conhecem uma solução óbvia (Scott, Mortimer e Aguiar, 2006). A solução apresentada não pertence a nenhum deles, pois é construída coletivamente, com apoio e suporte do professor.

Quando as alunas Ju e Isa afirmam que outros raios contribuirão para a formação de imagens (turno 38), concluem então que a imagem final não será afetada pelo bloqueio de metade do espelho. A fala do aluno Gal (turno 43) é um eco do enunciado do professor ao retomar os diagramas, momento em que ele afirma que o objeto emite luz em todas as direções mas que serão ponderados apenas alguns raios, considerados principais. O raciocínio, ao que parece, é acompanhado por vários outros alunos, que afirmam, assim como Júlia e Isabela, que não haverá qualquer modificação na imagem.

Nesse momento, o professor intervém sugerindo uma contradição na conclusão (turno 48): se nenhuma modificação será percebida nas características da imagem (turno 41), isso significa que nada muda quando utilizamos um espelho pequeno ou grande. Essa fala do professor evoca enunciados anteriores, nesta mesma aula, em que o professor destacou o esforço em construir telescópios refletores com espelhos cada vez maiores de modo a captar maior quantidade de luz.

Nesse ponto (turno 51), talvez pela falta de tempo para prolongar o debate, ou por julgar que os alunos já estariam em condições de apreciar a solução científica ao problema proposto, o professor abandona o discurso dialógico e pré-enuncia, ele mesmo, a solução ao problema. O turno 51 apresenta-se, assim, como um momento de transição (Scott e Mortimer, 2009) entre o discurso dialógico, que marcava o episódio, e o discurso de autoridade, que passa a ser adotado a partir de então. De fato, no turno 54 vemos o professor indicar a necessidade de fidelidade a termos científicos ao avaliar a sugestão do aluno Henri.

O professor mantém a atmosfera de suspense e só realiza a ação de tampar o espelho e comprovar o resultado depois que a solução é desenvolvida em sua totalidade. O resultado é recebido com entusiasmo pela turma e alguns alunos expressam isso verbalmente: ‘ai que chique’, ‘quê isso!’, ‘faz de novo’.

O professor então enuncia a solução do problema (turno 65). Entretanto, o ruído entre os conceitos de nitidez e intensidade permanece e, ao final, o professor tenta esclarecer o aluno Henri a propósito de tal distinção. Convém notar que a questão desse estudante é

indicador do caráter generativo da atividade realizada, que se desdobra em outros enunciados para além daqueles previstos inicialmente (Aguiar, Mortimer e Scott, 2009).

Ao analisarmos os 4 princípios propostos por Eagle e Conant (2002), nesse episódio, para promover o engajamento disciplinar produtivo dos estudantes, podemos dizer que:

1º princípio: problematização do conteúdo. O professor elabora o problema e o valoriza, retoma o problema em vários momentos e mantém uma atmosfera de suspense sobre a resposta mais adequada.

2º princípio: conceder autoridade aos estudantes na solução do problema proposto. Esse princípio é, a nosso ver, apenas parcialmente atendido pela dinâmica que o professor constrói com seus alunos. De um lado, ele busca respostas dos estudantes e temos evidência de que vários deles participam efetivamente mobilizando-se corporalmente, discutindo com os colegas ou enunciando soluções em resposta aos apelos do professor. Entretanto, a partir do momento em que avalia que a turma se mostra preparada, é o professor quem apresenta e enuncia a solução ao problema. Entendemos que tal procedimento seja decorrente da falta de tempo para cumprimento de um extenso programa de estudos para o vestibular.

3º princípio: conceder aos estudantes responsabilidade para com os outros e com as normas disciplinares. Esse parece ser o ponto mais frágil das interações observadas. Os alunos falam ao mesmo tempo, o que dificulta que uns entendam o que outros dizem e deem prosseguimento ao raciocínio que vai sendo assim coletivamente construído. Isso ocorre algumas vezes, mas com intensidade menor do que poderia ocorrer caso as normas de escuta atenta ao outro fossem respeitadas. Apesar dos avanços, os enunciados dos estudantes são dirigidos preferencialmente ao professor e não à classe como um todo. Atribuimos esse fato sobretudo à cultura dessa escola, na qual as aulas são normalmente centradas no professor e aos alunos compete uma escuta passiva e atenta.

4º princípio: prover os estudantes de recursos relevantes. Esse princípio é adotado pelo professor quando suspende o problema, ao identificar que os alunos não avançam na solução desejada, e apresenta novamente o modelo de formação de imagens. A estratégia é bem sucedida e vemos, na 2ª parte do episódio um avanço das explicações e previsões feitas pelos estudantes em relação ao que faziam na 1ª parte.

Podemos identificar as seguintes estratégias de trabalho do professor no episódio relatado:

1. o professor propõe um problema à turma e o valoriza enquanto desafio a ser enfrentado (*problema difícilíssimo esse*), buscando previsões acerca da situação escolhida e coletando as previsões dos estudantes;
2. Dando por esgotadas as respostas dos estudantes e considerando-se a insuficiência das mesmas, ele passa dos elementos empíricos (espelho, imagem projetada na tela) para o modelo (raios luminosos, foco do espelho, diagramas da formação da imagem);
3. A partir desses elementos teóricos, com participação dos estudantes, ele vai elaborando uma nova interpretação da situação com uma previsão de resultados distinta daquela que os estudantes apresentavam até então;
4. Só então ele indica o resultado com a montagem experimental e reforça, com os estudantes, que dificilmente seria possível apresentar a solução desse problema de modo satisfatório sem o auxílio da montagem experimental.

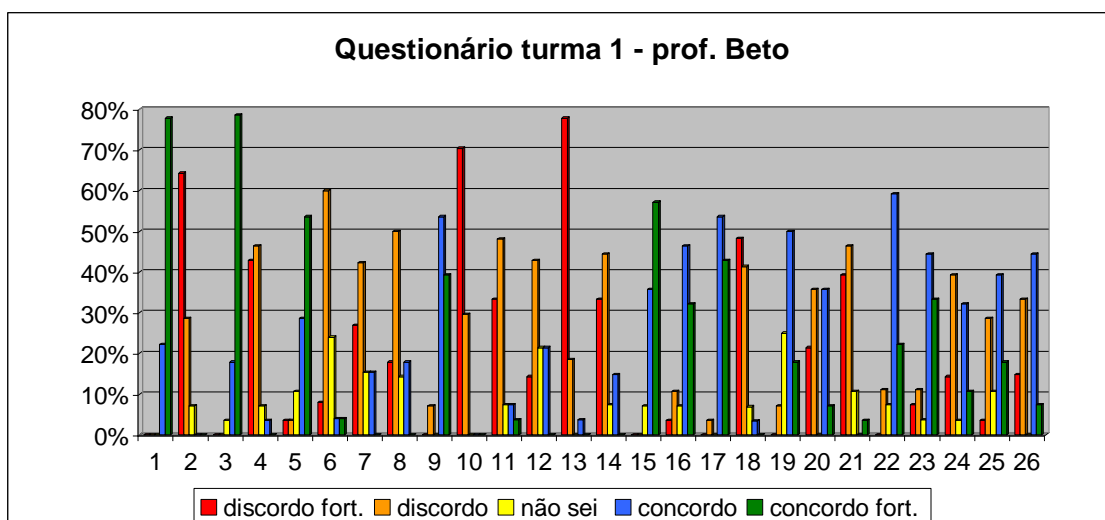
A análise de tal episódio nos leva a considerar os benefícios e limitações tanto das atividades compartilhadas quanto dos recursos semióticos na aprendizagem em ciências e das vantagens em utilizá-los de modo coordenado. Importante ressaltar também a percepção do professor em suspender a utilização do experimento no momento em que dá por esgotadas as possibilidades de avanço nas respostas dos alunos, até então estritamente associadas aos elementos empíricos da montagem (espelho e imagem), sem mencionar a participação dos raios luminosos na formação da imagem. Nesse momento (entre os dois segmentos do episódio) o professor faz, durante 2 minutos da aula, uma rápida revisão do modelo de formação de imagens. Novamente, ele destaca o caráter do desafio, e consegue manter o interesse e engajamento dos estudantes até a formulação final da solução do problema e a confirmação do resultado.

Identificamos mudanças na qualidade das soluções apresentadas pelos estudantes para o problema à medida que o professor disponibiliza o diagrama de formação de imagens na tela. Antes disso, as respostas dos estudantes eram baseadas apenas em suas intuições dos alunos, reforçado por aspectos empíricos e externos ao problema (*será cortada metade... porque você cobrirá a metade do espelho*). À medida que o professor mostra o diagrama de formação de imagens, as conclusões dos estudantes são apoiadas nos elementos teóricos do modelo (*será a mesma ...existem outros raios*) o que será novamente questionado pelo

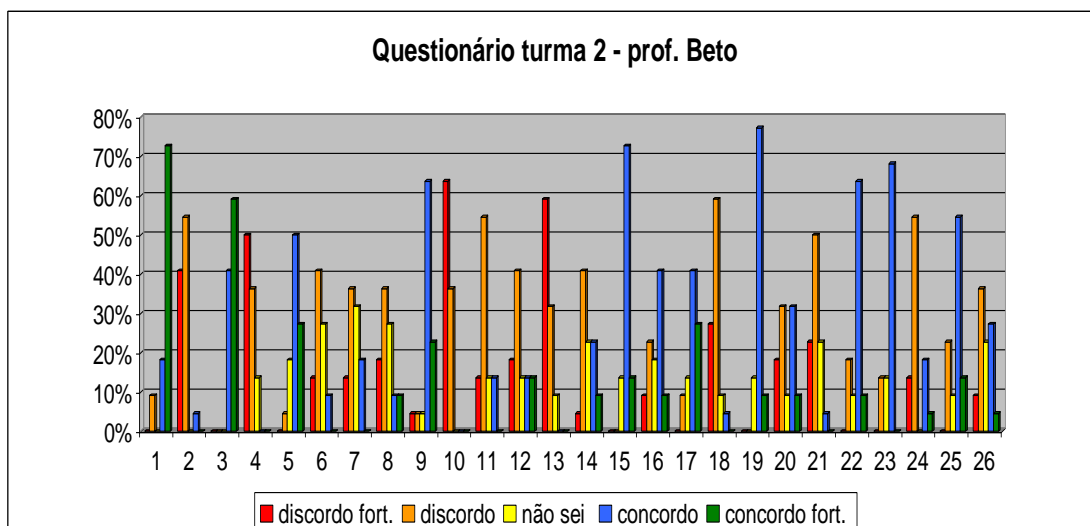
professor desta vez recorrendo a elementos do mundo empírico (*O mesmo? Então não faz diferença em utilizar um espelho pequeno ou um grande?*).

### 5.1.3. Entrevistas e questionários

O questionário aplicado aos alunos do Prof. Beto três meses após o término das filmagens, reproduzido no anexo 2, e foi respondido por 50 alunos, sendo que desse total, 22 pertenciam à sala (turma 1) que participou da pesquisa e os outros 28 alunos (turma 2), que realizaram as mesmas atividades da outra turma exceto a experiência do bloqueio do espelho anteriormente mencionada. O questionário pode ser reunido em 3 grupos cujos temas são: as atividades experimentais compartilhadas e sua correlação com a percepção da aprendizagem (questões 1 a 11); forma de participação dos alunos durante as aulas (questões 12 a 26) e a última parte sobre a lembrança que tinham sobre uma experiência realizada em sala pelo professor em sala de aula – o bloqueio do espelho, analisada no item 5.1.2.2 do capítulo 5 (questão 27). A questão 27 não está tabulada nos resultados por ter um outro formato das demais. O objetivo de incluir essa situação no questionário deveu-se ao fato de o episódio do espelho ter ocorrido, no período da pesquisa, com grande participação dos alunos. Pretendíamos então examinar a repercussão dessa participação no entendimento dos estudantes sobre o problema. Interessava-nos saber como os alunos perceberam a atividade, se lembrariam ou não o resultado e, não menos significativo, se os alunos que lembrariam do resultado e conseguiriam explicá-lo da maneira correta.



**Gráfico 1: Prof. Beto – turma 1**



**Gráfico 2: Prof. Beto – turma 1**

Em ambas as turmas a maioria dos alunos afirma gostar das atividades compartilhadas apresentadas (questão 1), sendo estas apresentadas em um número satisfatório (questão 2), permitindo uma maior participação na aula (questão 5) e contribuindo para uma melhor compreensão do conteúdo estudado (questão 9). No entanto, quando perguntados sobre as atividades do ano passado (questão 7), as turmas apresentaram respostas bem diferentes, 69% da turma 1 afirmando que lembravam das atividades enquanto que na turma 2, apenas 50% afirmavam lembrar. É interessante lembrar que o Prof. Beto ministrou aulas em 2008 em ambas as turmas, seguindo o mesmo estilo de trabalho.

Na parte do questionário relativo à forma do professor conduzir à aula, a maior parte dos alunos entende que a participação discente é necessária (questão 12) e afirma que aprendem mais quando as dúvidas apresentadas são coletivizadas (questão 15). No entanto, esse dado precisa ser confrontado com a análise qualitativa dos episódios de ensino (capítulo 5), em que observamos centralização da figura do professor na construção de enunciados.

O item do questionário que apresentou maior dispersão de respostas foi a questão referente à elaboração da resposta do professor às questões por eles formuladas, se deveriam ser feitas em particular ou em público (questão 20).

O item relativo à questão 27 refere-se à questão desafio apresentada pelo professor aos alunos da turma 1, sobre o que aconteceria com a imagem se metade do espelho fosse bloqueado. Reproduzimos, abaixo, o enunciado da questão:

27) Uma imagem é produzida por raios luminosos que refletem em um espelho côncavo e é projetada em uma tela. Uma pessoa bloqueia a metade superior do espelho com a mão.

A) O que acontece com a imagem agora formada?

B) Justifique a resposta dada no item A.

Os resultados mostraram que a estratégia utilizada pelo professor em associar atividade compartilhada, esquemas e desenhos teve bons resultados, uma vez que 75% dos alunos acertaram o resultado da questão, 3 meses após a atividade e desse percentual 90% justificaram corretamente a questão, o que pode ser um indício que não ocorreu a simples memorização do resultado. Muitos alunos, ao justificarem a resposta construíram também diagramas. Observamos que o mesmo problema ocorrido durante a discussão em sala de aula com o sentido da palavra *nitidez* voltou a se manifestar no texto escrito pelos alunos para descrever o que ocorria com a imagem, alguns associando a falta de nitidez à redução dos raios luminosos que formam a nova imagem, outros simplesmente utilizando a palavra sem explicitar o seu significado. Não houve condições de detectar o significado do termo *turvo*, também utilizado para caracterizar a nova imagem formada durante o bloqueio do espelho, e preferiu-se optar por considerá-la como uma resposta não correta.

A atividade do bloqueio de metade do espelho não foi proposta pelo professor na turma 2, nem mesmo como exercício teórico por falta de tempo, sendo que os alunos dessa turma foram apresentados ao problema pela primeira vez durante o questionário. Nenhum dos 22 alunos foi capaz de resolver corretamente o exercício, sendo que 7 alunos deixaram o item em branco, 4 fizeram esboços nas não indicaram uma resposta final e 11 responderam de forma errada: “a imagem ficaria inalterada, não formaria a imagem ou ela seria cortada pela metade”. Seria interessante se houvesse uma turma na qual ocorreu apenas a resolução teórica do exercício para podermos verificar a contribuição que a atividade compartilhada desempenhou na discussão da resolução do problema e como seria sua repercussão após 3 meses. No entanto, sobretudo quando confrontamos com os resultados do estudo de Abraham e Millar (2008), temos evidências que parecem indicar favoravelmente a efetividade do recurso utilizado.

## 5.2. Professor Pedro – Escola Y

O Prof. Pedro trabalha tanto na rede pública quanto privada, ministrando aulas de Física há 10 anos. Faz parte de uma equipe de professores que mantêm um grupo de discussão na internet sobre o ensino de Física. Iniciou o curso de especialização em ensino de ciências

(ênfase em Física) e é muito preocupado em aprimorar seu trabalho não apenas nos aspectos metodológicos. Segundo o Prof. Pedro, ele sempre se interessou por aulas conduzidas com o auxílio de materiais experimentais desde suas primeiras experiências no magistério. Porém uma breve passagem pelo Colégio Arnaldo o colocou em contato com o Prof. Foureaux que o fomentou a utilizar as atividades experimentais com mais frequência, colaborando ainda mais para que tais atividades fossem parte central das aulas e não apenas ilustrativas ou de demonstração. Outra característica marcante desse professor é o uso de recursos de mímica e falas na terceira pessoa para manter a atenção dos alunos. Sempre calmo, no longo tempo de observação – setembro 2007 a setembro 2008 – jamais elevou o tom de voz com os alunos, e nos raros momentos de indisciplina dos alunos, sempre utilizou um tom conciliador para resolver essas situações.

As sequências de aulas gravadas e analisadas foram feitas na escola estadual (turno noturno) na qual, segundo o professor, existe uma maior flexibilidade para a montagem do programa de ensino. A duração de cada módulo de aula é de 40 minutos e cada turma tem 3 aulas de Física por semana. A turma acompanhada é composta de 25 alunos que cursavam a 2ª série do ensino médio. Não existe uma sala específica para as atividades compartilhadas, e assim tais atividades são realizadas na própria sala de aula ou, em algumas ocasiões, no pátio e corredor da escola – o professor rapidamente promove adaptações nos espaços existentes às necessidades que a atividade proposta exige. Todo o material utilizado durante as aulas é produzido ou comprado pelo professor. A utilização de livro texto não foi observada durante o período no qual o pesquisador esteve presente às aulas. O Prof. Pedro opta por disponibilizar os textos para os alunos no quadro em sala. Essa opção ocorre pois existe uma grande dificuldade dos alunos trazerem livros didáticos para a escola, uma vez que muitos trabalham e teriam que deslocar com considerável volume de material do trabalho para a escola.

Usualmente o Prof. Pedro inicia a aula procedendo à chamada, lembrando o tópico da última aula e desenvolve um conteúdo novo. Os exercícios são todos feitos na sala de aula, sendo que todo exercício é valorizado pelo professor; olhando os cadernos de todos os alunos e anotando as observações em seu diário de classe. Segundo ele, esta é a forma de obrigar os alunos a participarem mais da aula, pois a maioria trabalha e não tem muito tempo em casa para as atividades escolares. Três aspectos que chamaram inicialmente a atenção do autor do trabalho: as condições de iluminação da sala de aula, muitas vezes deficiente a ponto de prejudicar as filmagens; o pequeno tamanho das carteiras para alunos de faixa etária de 16 anos ou mais e o carinho e respeito dos alunos para com o professor.

O autor da pesquisa acompanhou várias sequências de ensino apresentadas pelo professor, como estudo da Energia, Óptica, Calor e Ondas. Foram realizadas gravações em vídeo, 5 aulas em 2007 e 12 em 2008, perfazendo um total de 11 horas de gravações. Anotações de campo foram realizadas nesse ínterim e conduzidas entrevistas com o professor Pedro.

### **5.2.1. Mapa de eventos das aulas**

Durante o final do ano de 2007 o autor acompanhou as aulas do Prof. Pedro para observar a dinâmica da sala de aula e melhor planejar a coleta de dados – filmagem e anotações de campo – que seriam realizadas no ano de 2008. Parte dessa coleta de dados inicial acabou sendo utilizada na pesquisa, uma vez que no ano de 2008 várias situações contribuíram para um ano letivo atípico na escola no qual o Prof. Pedro leciona: greves, ausência de professores e acompanhamento de estagiários.

A greve acabou alterando o planejamento inicialmente feito, acarretando cortes e adaptações no programa. As faltas de professores forçaram a direção a montar esquemas alternativos, no qual um mesmo professor trabalhava com duas turmas simultaneamente, deixando atividades em uma turma e outra, fazendo um rodízio no atendimento dos alunos. Além disso, dois professores em pré-serviço, fizeram estágio obrigatório durante o período de um mês, o que interferiu na coleta de dados das aulas do Prof. Pedro. Por esses motivos o mapa de eventos, apresentado no anexo 3, está dividido em 2 distintos anos. Os elementos para composição dos mapas de eventos foram os mesmos utilizados para as aulas do Professor Beto. Nos meses de outubro e novembro de 2007, os conteúdos trabalhados foram o das Leis da Reflexão da Luz, Formação de Imagens nos Espelhos Planos, Formação de Imagens nos Espelhos Esféricos. Em 2008, os tópicos trabalhados pelo professor foram: Conservação de Energia, Calor e Ondas e Som. A frequência de aulas nas quais os materiais experimentais se fizeram presentes foi bem menor no ano de 2008 que o de 2007. As anotações no caderno de campo indicaram que, em média, a cada 4 aulas, uma apresentava atividades experimentais.

### **5.2.2. Análise de episódios**

De modo semelhante ao feito com a aula do Prof. Beto, destacaremos uma aula na qual vários aspectos que caracterizam o modo peculiar da aula do Prof. Pedro.

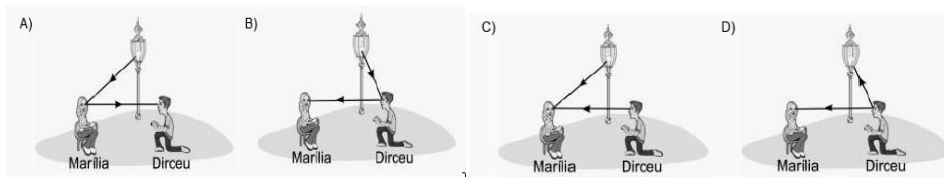
## Análise 1

Apresentaremos, a seguir, um episódio de ensino que envolve utilização de atividade prática compartilhada. Esse episódio foi escolhido por sua importância no desenvolvimento da sequência de ensino pelo professor e, também, por ser exemplar na produção de evidências dos usos que esse professor faz das atividades compartilhadas em sala de aula e das estratégias enunciativas que ele constrói em torno de tais atividades. Além disso, nos parece inovador o recurso utilizado pelo professor nessa aula.

Nas aulas anteriores, o Prof. Pedro trabalhou com as condições necessárias e suficientes para que uma pessoa possa enxergar a outra, utilizando uma questão de vestibular da UFMG que explora esse tema. O professor explorou esse exercício realizando uma pequena competição entre os estudantes no qual eles deveriam explicitar para turma as opções marcadas no exercício.

Ao apresentar esse episódio, decidimos intercalar sua apresentação com eventos que o antecederam e deram sentido ao que estava sendo feito e discutido com a classe. Iremos, ainda, indicar conexões desse evento com outros que ocorreram em aulas posteriores dessa mesma sequência de ensino. Seguimos esse procedimento por entender que os sentidos vão se estabelecendo nos nexos entre o já dito anteriormente e que está sendo enunciado e entre o enunciado atual e uma antecipação ao que será feito e tratado nas aulas seguintes.

Ao iniciar este episódio o professor está concluindo a resolução da questão de vestibular que havia sido transcrita no quadro. A figura do exercício é reproduzida abaixo, uma vez que o professor e alguns alunos mencionam várias vezes seu resultado. O texto informa que dois namorados (Marília e Dirceu) estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada e solicita assinalar a alternativa em que está corretamente representado o caminho da luz que permite a Dirceu ver Marília.



No trecho a seguir, ao concluir a resolução do exercício (não transcrevemos a discussão que leva ao resultado), o professor aproveita o contexto para propor uma atividade

prática: um pequeno espelho plano é colocado sobre a mesa do professor que chama duas alunas para se posicionarem de modo a enxergar uma a outra pelo espelho. A representação do caminho percorrido pelos raios luminosos valendo-se de barbantes será então o recurso mediacional utilizado pelo professor com o propósito de conectar o modelo de luz e visão (revisto na correção do exercício), as leis da reflexão e a formação de imagens em espelhos planos (temas centrais do episódio em foco).

Transcrição	Comentários textuais
Prof: Então vocês falaram que precisavam do objeto, precisava de luz, precisava do olho e de visão (( <i>escreve todos esses elementos no quadro</i> ))/ Mas afinal de contas, como é que essas 4 coisas se relacionam?/Vocês acabaram de escrever/	Escreve no quadro todos os elementos citados
1. Alunos: (inaudível)	
2. Prof:) A luz ilumina o objeto que a reflete / na direção de nossos olhos	Falando e escrevendo no quadro o que a aluna ditou, e assinala a resposta correta (letra c)
3. Prof: Dois voluntários / De um lado e de outro da mesa por favor/ Pessoal presta atenção aqui	Coloca sobre uma carteira na frente da sala um espelho no plano horizontal. Fica no meio da mesa segurando o espelho e as alunas ao lado dele, ao lado da mesa
4. Prof: Vou colocar aqui o espelho, sobre a mesa/Presta atenção/Deixa eu puxar mais para cá ((arrastando a mesa para trás)) / ((apontando para uma das alunas)) Carol ...	Mostra o espelho para todos na sala.
5. Aluna: O que? (risos)	
6. Prof: Você vai ficar em uma posição em que você não se veja no espelho/ mas seja capaz de ver a Andreza. 7. Aluna: Eu to vendo ela!	
8. Prof: ((virando para a outra aluna)) Você vai ficar em um posição em que você não consiga se ver no espelho mas seja capaz de ver a Carol/ ((as alunas se movem ligeiramente para ajustar a posição desejada))	

A correção do exercício estabelece uma conexão entre os quatro elementos citados como necessários à visão de um objeto – o objeto, o olho, a luz e a visão - de modo a produzir uma explicação para o ato de Dirceu ver Marília na praça iluminada. Em outro momento anterior dessa aula, corroborando a explicação formulada pelos alunos e professor, uma aluna já havia citado que no teatro os atores ao serem iluminados por canhões de luz, podemos vê-los da plateia, mas eles não vêem o público.

O professor não explicita a agenda e as alunas parecem não entender o que o ele pretende com a atividade; alguns acham graça, mas aguardam com alguma expectativa o que está por vir.

Na sequência, vemos o professor indicar às alunas os procedimentos necessários para introduzir a representação dos raios luminosos por segmentos de um barbante esticado, cujo resultado e representação será utilizada repetidas vezes durante o estudo de óptica, em outros tópicos.

Transcrição	Comentários textuais
9. Prof: ((Olhando para frente, para a turma)) veja bem / a Carol vai focar o dedo dela na posição do espelho em que a Andreza está vendo / primeiro vamos fazer o seguinte ((dirigindo-se à Carol)) tampa os olhos / (volta-se para as duas alunas e as pede para tampar os olhos) / pode tampar com a mão / tampa assim ((tapando seu próprio olho))	
Prof: Andreza você consegue ver aqui no espelho o olho da Carol? / ((virando-se para a Carol)) Carol, você consegue ver no espelho o olho aberto da Andreza? / ((voltando-se para a turma)) Todo mundo concorda ... psiu ... todo mundo concorda ... a Carol só consegue ver o olho aberta da Andreza usando o olho aberto dela? /	
Alunos: (várias respostas - inaudíveis)	
10. Prof: Então, vocês concordam que a Andreza só consegue ver o olho aberto da Carol usando o olho aberto dela.	
11. Alunos: Sim	
12. Prof. ((voltando-se para a Carol)) A Carol, você vai colocar o seu dedo exatamente na posição em que a Andreza está vendo com olho aberto dela, o seu olho aberto / Todo mundo entendeu o que eu quero falar?	
13. Alunos: Não!!!	
14. Prof.: (se dirigindo a Carol) Então veja bem / imaginem // Carol você está vendo o olho da Andreza refletido no espelho? / o aberto? / então é possível que a Andreza esteja vendo o seu olho aberto! / Concorda? / Você vai colocar o <b>seu</b> <b>↑</b> dedo onde a Andreza ((aponta firmemente para a Andreza)) esta vendo o <b>seu</b> <b>↑</b> (aponta firmemente para a Carol) olho aberto // Mas a Andreza não vai dar dica! / Entendeu o que você vai fazer ((virando-se para a Carol)) / Então coloque o seu dedo exatamente na posição do espelho em que a Andreza está vendo o seu olho / Coloque o dedão / ((aponta para o espelho pedindo a Carol para marcar o lugar exato))	Antes de materializar a trajetória dos raios luminosos ele procura marcar a posição do espelho no qual ocorre a reflexão.
15. Prof: Ela acertou? ((perguntando para a Andreza))	
16. Carol: Ah! ((vibrando com a resposta positiva))	
17. Prof.: Andreza, sua vez, coloque o seu dedo exatamente na posição do espelho em que a Carol está vendo o olho aberto dela <b>↑</b> no seu <b>↑</b> olho aberto / ((vira-se para a Carol)) Você não vai dar dica não!	
18. (A Andreza movimentava a mão, diz algumas coisas inaudíveis)	
19. Prof.: Acertou? ....(inaudível) ... muito bem / sentem-se.	
20. Alunas: Só?	

Durante esse trecho do episódio, o professor substituiu várias vezes os alunos que participam da atividade com espelho e barbantes garantindo, desse modo, um maior

envolvimento da turma nas discussões do conteúdo que está sendo apresentado. Repete o mesmo procedimento com outro par de alunas, de modo que fique claro para todos os alunos os mesmos resultados descritos pelos voluntários anteriores: o fato de ser localizável no espelho o ponto no qual um aluno enxerga o outro, (turnos 14 e 19) fato esse que prepara a turma para a questão da reversibilidade do caminho dos raios luminosos. Mas o professor ainda não mostrou (nem os alunos perguntaram) se o ponto no qual cada aluna assinala no espelho é o mesmo para ambas. Cada aluna marca o ponto e a outra aluna simplesmente confirma ou não a opção feita. Em entrevista posterior com o professor ele afirmou que durante os anos em que utiliza essa atividade, percebe que vários alunos querem fazer parte do jogo, por isso alterna constantemente os atores da brincadeira.

Transcrição	Comentários textuais
21. Prof.: Mais dois ... vem ... ((mais duas alunas se apresentam, 1 e 2. Os nomes não são ditos))... ((se dirigindo a aluna 1)) Tampe os olhos ... Coloque o seu dedo exatamente na posição em que ela está vendo o olho aberto dela no seu olho aberto / ((a outra aluna move-se em direção a espelho, deslocando muito o seu corpo)) Ela acertou? ((a aluna 2 faz um movimento com a cabeça de negativa)) / ((ocorre uma brincadeira do professor com a aluna 1 que errou pois ela está chupando um pirulito))	As novas alunas que chegam ficam mais afastadas da mesa, de modo que ao mover em direção ao espelho elas se deslocam da posição original.
22. Prof.: ((falando para a aluna 2)) Coloque o seu dedo exatamente na ... em que ela está vendo o seu olho. ((a aluna 2 inclina-se muito em direção ao espelho, mudando muito a posição de seu corpo). Acertou? (a aluna 1 faz um movimento de negativa))	
23. Aluna 1: Eu estou vendo o olho aberto dela tal, // na hora que ela faz assim ((inclina o corpo em direção ao espelho) / (risos geral) (o professor pede para as alunas se aproximarem))	
24. Aluna sentada: (inaudível)	
25. Prof. : Vocês estão se vendo no espelho? (ambas alunas respondem negativamente com o movimento de cabeça)	
26. Prof.: (para a aluna 2) ... que ela está vendo o olho aberto dela no seu olho aberto. (a aluna de branco coloca o dedo em um ponto do espelho)	
27. Prof.: (para a aluna 1) agora sua vez / coloque o seu dedo onde ... o olho ... (a aluna 1 marca um ponto no espelho) Ela acertou? (a aluna 2 confirma com o movimento de cabeça).	

Nesse novo trecho, o professor mantém inicialmente as duas alunas mais afastadas da mesa. Isso implica que elas devem se deslocar para apontar a posição no espelho, só que ao fazerem isso, perdem o contato com o olho da outra aluna (turnos 24 e 25), o que causou as respostas negativas das alunas em relação à visualização da colega. O professor usará esse fato para utilizar o barbante como referência, de modo que, não importando a distância na qual as alunas se encontrem, seja possível uma observar a outra. Entrevista posterior, o professor indicou que seu objetivo nesse momento era assegurar que os alunos não associassem o valor do ângulo com a distância, uma associação comum segundo o Prof. Pedro. Esse elemento foi agregado à atividade após, em anos anteriores, o Prof. Pedro ter

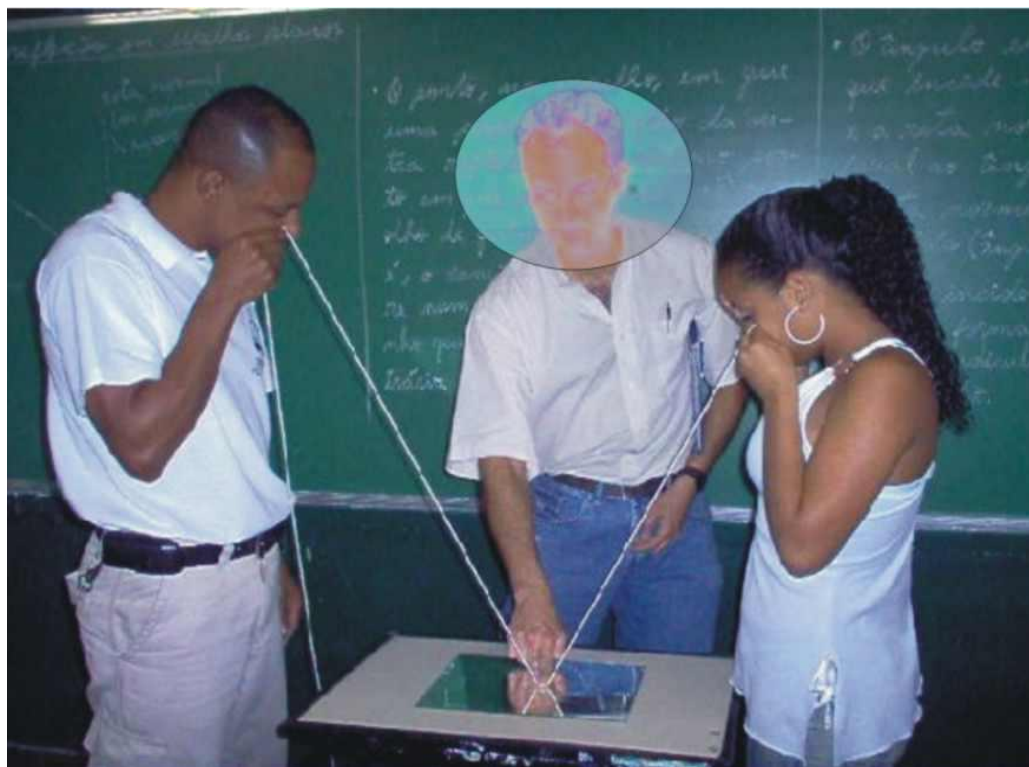
observado essa dificuldade sistemática dos alunos durante à resolução de exercícios. Resolveu incorporar então esse novo elemento às suas apresentações e afirma que esse fato minimizou muito a possibilidade de erro por parte dos alunos do não reconhecimento da igualdade de ângulos.

Somente depois de bem estabelecida a necessidade de um aluno poder ver o outro, não importando a distância na qual eles se encontram do espelho e o tamanho dos alunos é que a próxima etapa é realizada pelo professor. Nesse momento é estabelecida a igualdade de posição no espelho no qual os alunos se vêem, isto é, a reversibilidade do caminho luminoso. Como dissemos anteriormente, a antecipação desse resultado não é desejado pelo professor, permitindo assim que um maior número de alunos participe da brincadeira. O Prof. Pedro afirma ter pedido, mais de uma vez, que o aluno, ao perceber a coincidência dos pontos marcados no espelho, não fizesse comentários sobre isso naquele momento. Somente a partir desse instante é que o professor buscará a materialização da trajetória dos raios luminosos com o objetivo de criar condições para que as Leis da Reflexão apareçam como uma condição suficiente e necessária para a visualização de ambos os alunos.

Transcrição	Comentários textuais
28. Prof. : Aqui você esta vendo o dela? (para a aluna 1) / e aqui você está vendo o dela? (para a aluna 2) / Mais dois voluntários / Só mais dois voluntários (apresentam-se duas alunas, uma de roupa preta e outra de cinza)	
29. Prof.: Só que a agora nós vamos fazer diferente / tampem o olho / (as duas alunas tampam os olhos) / ao mesmo tempo / o dedo no olho de uma / o dedo no olho da outra / chega mais perto / (as duas alunas aproximam do espelho e colocam o dedo no mesmo ponto) / Oh ↑ / vocês estão vendo aí? / e você está vendo ai? (as duas alunas comemoram e o prof. vai buscar algo na mesa)	
30. Prof.: (após pegar e desenrolar um barbante e explicar que elas devem colocar o barbante muito próximo do olho). O barbante sai de um dos olhos vai até o espelho e vai até o olho da outra . (bate o sinal de término da aula).(No recomeço da aula, as alunas são uma de roupa rosa e outra de cinza, formando a mesma figura anterior – uma aluna é bem mais alta que a outra)	
31. Prof.: Vamos lá pessoal /e eu vou colocar o dedo aqui. ... Uma luz ambiente está batendo no olho dela está vindo nessa (direção) / batendo no espelho / e vindo na direção do olho dela (enquanto fala move a mão sobre o barbante, indo de um olho ao outro) .. é o mesmo caminho / é a mesma trajetória da luz que sai do olho dela (apontando para a Andreza) bate no espelho / e bate no ... / concorda?	Relação entre o mundo empírico e o mundo das ideias: o professor materializa a ideia dos raios luminosos utilizando um barbante e com ele obtêm as leis da reflexão, utilizando uma conclusão feita no início da aula

32. Prof.: O que vocês me dizem desse ângulo se comparado com esse ângulo daqui? (aponta para o ângulo formado entre o barbante e o espelho, de um lado e do outro)	
33. Aluna sentada: Esse ai é maior!	
34. Outro aluno: é exatamente igual!	
35. Prof.: O ângulo é maior ou o tamanho do barbante é maior?	Procura centrar a atenção dos alunos no ângulo e não no tamanho do barbante.
36. Aluno: O tamanho do barbante	
37. Prof.: A abertura aqui se comparada com a abertura aqui (aponta novamente para os dois locais)	
38. Vários alunos: mesmo tamanho	
39. Prof.: (após abonar a resposta das alunos) Vamos fazer o seguinte / vamos esticar o seu barbante ... lá para a ponta ... (ajusta o ponto no qual as duas alunos estão se vendo e pede para a aluna afastar – afasta uns 3 m – a figura agora é bem diferente, a aluna de cinza perto da mesa e do espelho enquanto que a outra está bem afastada)	Com as alunas de pé, utiliza duas de diferentes alturas, evitando assim a formação de dois triângulos equiláteros. Pede para uma das alunas afastar de modo que a outra (na mesma posição) tenha que variar a altura, ou seja, buscar o mesmo ângulo para que uma possa ver a outra. Desse modo, obtêm a primeira lei: os ângulos devem ser o mesmo. Nem se preocupa em definir a reta normal, somente mais tarde é que fará isso.
40. Prof.: (para a aluna de cinza) Fique em uma posição em que você consiga ver o olho dela na posição onde eu estou colocando o dedo no espelho (aponta para o seu dedo que está no espelho). (a aluna tenta afastar do espelho mas o prof. não deixa sair da posição – a aluna agacha) Tá certo? / repare que a Andreza está em pé e a Vanessa sentada. {o prof. fixa a posição de modo a forçar a aluna a construir o mesmo ângulo, criando uma situação nova de posição mas que cria os mesmo ângulos}	

Inicialmente o cenário apresenta-se muito parecido com os anteriores, porém duas mudanças significativas ocorrem nessa exploração: i) o professor pela primeira vez mostra que o ponto no qual uma aluna observa o olho da outra é o mesmo para a aluna observada, isto é, os pontos são coincidentes, embora o professor não explicita muito a importância disso nesse momento; ii) o professor materializa os raios luminosos, que até o momento estavam sendo tratados como um ente abstrato, mas que agora ganha materialidade (turno 32). Com isso, o problema da distância que as alunas devem ficar da mesa fica resolvido: não é mais necessário que elas estejam a uma distância do espelho suficiente para o alcançarem com o braço estendido. O barbante também permite aos alunos inferirem o ângulo feito pelo raio luminoso com a superfície do espelho, de um lado e de outro, mostrando de modo muito simples a congruência desses (1ª lei da reflexão), conforme imagem abaixo.



**Figura 2: Uso do barbante para estudar as Leis da Reflexão**

O professor pede, então, para uma das alunas se afastar muito da mesa (turno 41) e a outra ficar na mesma posição, o que provoca uma situação assimétrica em que os triângulos formado pelos corpos das alunas e pelo barbante não é mais congruente. Desse modo, mesmo com os triângulos tendo dimensões diferentes, os alunos percebem que algo permanece constante: os ângulos entre os dois barbantes e o espelho. O professor toma o cuidado para não deixar a aluna que está próxima da mesa afastar-se (turno 42) evitando assim a formação de dois triângulos congruentes novamente, mas a obriga a reduzir sua altura (ao sentar) para que ela possa ver o olho da colega e, assim, construir os triângulos desejados.

Isso evidencia um grande cuidado do professor em consolidar junto aos alunos o conceito de ângulo, reforçando a visualização da igualdade de abertura entre o barbante e o espelho em situações diversas. Evita nessa etapa da sequência de ensino introduzir mais um elemento estranho ao contexto, mas cuja necessidade surgirá mais adiante: a noção de reta normal que usualmente é introduzida pela maioria dos professores antes mesmo da explicitação das Leis da reflexão. O procedimento, tal como feito, procura evitar, por enquanto, um elemento que ainda não tem função e cujo acréscimo seria um conceito a mais cuja necessidade de exposição ainda não foi construída.

Transcrição	Comentários textuais
43. Prof.: Mas vejam, o que vocês me dizem desse ângulo comparado com este ângulo de cá? ... (quebra na filmagem – as alunas riem e brincam – o prof. pega uma folha de papel) ..<26:00>	
44. Prof.: Observem esse papel que eu estou colocando aqui / dá prá ver o barbante em contraste com o papel? (coloca o papel perpendicularmente sobre o espelho e atrás dos barbantes)	
45. Alunos: Sim	
46. Prof.: Kelly, pega aquela pasta ali (uma pasta preta)	
47. Prof.: Priscila, sem tirar o barbante do olho e sem abaixa, chega para cá. (faz a aluna girar para perto do quadro, mantendo o barbante esticado) / Concordam comigo que se o barbante não .(inaudível).. nem esticou e a Priscila nem abaixou nem (inaudível)... o ângulo aqui é o mesmo? (apontando para os ângulos entre o barbante e o espelho)	Ao mover a aluna lateralmente, o ângulo permanece o mesmo, mas o plano muda.
48. (inaudível)	
49. Prof.: Minha pasta tá (inaudível) ...não / o ângulo entre a pasta e a mesa (inaudível)/ o que que aconteceu com ele? (segura a pasta atrás dos barbantes)	
50. Aluno: ele foi para a diagonal.	
51. Prof.: Reparem / não é só na diagonal assim (girando a pasta no eixo vertical) / ela vai deitar / ela ta inclinada em relação ao espelho / concorda? Então não é só a condição desse ângulo de cá (apontando para os ângulos entre os barbantes e o espelho) / tem também o ângulo deste plano (apontando para a pasta) /concorda?	
52. Prof.: Sua vez Andreza / acha uma posição em que dá para ver a Priscila no olho dela (Priscila gira o sentido contrário ao que girou a Priscila) / O que que aconteceu com a pasta agora?	
53. Aluno: Ficou reto	(o professor faz a Andreza se aproximar do quadro para que a outra metade da turma possa ver o efeito descrito anteriormente)
54. Prof.: Sua vez Andreza / Ela forçou o plano a inclinar / ele não esta mais a 90 graus (mostrando a pasta que se inclinou quando a Andreza se moveu para perto do quadro e a Priscila ficou quieta) / se você volta (falando com a Priscila) / pronto /(As alunas voltam para as carteiras) Vamos sintetizar ... (faz um resumo oral e depois escrito do que foi discutido) <28:38>	Depois de mostrar que o ângulo é o mesmo (mas isso ainda não é condição suficiente) faz com uma das alunas se mova lateralmente, de modo a manter o mesmo ângulo, mas agora em planos diferentes. Novamente faz uso de um referente concreto para mostrar o plano contido pelos raios luminosos e a necessidade desse plano ser perpendicular ao espelho (2ª condição da lei da reflexão).

Uma vez estabelecida a 1ª lei da reflexão, o professor agora passa a explorar o material para estabelecer a 2ª lei da reflexão, na qual o raio incidente, o raio refletido e a reta normal estão no mesmo plano. Mas o professor Pedro utiliza uma estratégia interessante, pois ainda não definiu – adiando mais uma vez – a reta normal ao espelho, o que será feito somente na

aula posterior. Para construir o ambiente no qual discutirá a 2ª Lei da Reflexão, monta o já habitual triângulo, no qual a 1ª Lei pode ser percebida por todos os alunos da sala. Com o seu dedo, prende o barbante ao espelho e pede a uma das alunas para se deslocar lateralmente (turno 47), conseguindo assim a manutenção dos triângulos, com ângulos congruentes, mas não mais a possibilidade de que um aluno veja o outro, pois agora os planos dos triângulos formados não são os mesmos. Mais uma vez, materializa um elemento teórico, o plano matemático, utilizando uma pasta plástica, de cor verde que além de auxiliar os alunos na percepção da igualdade da abertura dos barbantes com o espelho – mesmo ângulo – passa a cumprir outra função. Os alunos assim podem perceber que, ao conectar o ponto onde as alunas marcaram o espelho e os fios do barbante, a pasta ficará inclinada em relação ao espelho. A condição para a visualização de ambas alunas – ângulos iguais – agora já não é mais suficiente. Uma nova condição é construída com a ação empregada (prender o barbante junto ao espelho e deslocar lateralmente uma das alunas) e com a ajuda da pasta. Somente quando as alunas se movem para ajustar suas posições de modo a se verem novamente, é que a pasta fica perpendicular ao espelho e essa nova condição surge: o raio incidente, o raio refletido e a reta normal formam um só plano. Um aluno sintetiza esse fato ao mencionar que “ficou reto” (turno 53).

Somente depois de bem estabelecido as leis na forma empírica é que o conteúdo é apresentado no quadro, na forma de resumo. Posteriormente, ao introduzir o estudo da formação da imagem nos espelhos planos, o professor retoma os argumentos utilizados nessa atividade, mas agora sem utilizar o barbante. Em lugar disso, ele indica com as mãos todo o caminho percorrido pelos raios luminosos, como se o barbante ali estivesse, ao sair de um olho, refletir no espelho e ir para o outro. Outro aspecto a destacar é que, ao apoiar-se nessa materialidade (barbante e pasta), o professor destaca a tridimensionalidade do fenômeno, que usualmente é representado e tratado em duas dimensões nos materiais didáticos.

Podemos interpretar esse fato considerando a noção vygotskiana de internalização da ferramenta cultural. O barbante, recurso mediacional utilizado pelo professor para lidar com uma entidade teórica e abstrata (raio luminoso), foi internalizado pelos estudantes: algo que era um suporte externo e material se torna uma operação intelectual, abstrata e reversível. Passamos, uma vez mais, do plano dos objetos e eventos para o mundo dos modelos e ideias abstratas da física. O suporte material da tarefa, entretanto, é evocado no discurso ou nos gestos do professor, em vários momentos da sequência de ensino, como veremos nos episódios seguintes.

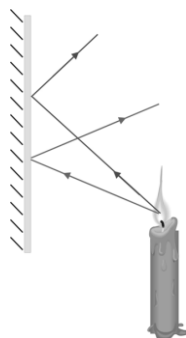
É interessante notar como o Prof. Pedro inicia o estudo sobre a reflexão da luz trabalhando com a formação de imagens nos espelhos planos (contexto particular) e criando uma representação material para o ente abstrato (raio de luz) ao utilizar-se de barbantes. No decorrer das aulas, a utilização do recurso material vai ser reduzida, mas sua menção continuará presente, à medida que ao referir-se aos raios luminosos suas mãos executaram um movimento simulando estar com um barbante às mãos. Posteriormente, ao estudar a reflexão da luz nos espelhos esféricos não se fará mais referência ao barbante, sendo utilizado apenas o termo “raios de luz”. Observamos então o progressivo movimento de deslocamento de referentes concretos para referentes abstratos, provocando uma recontextualização do ente teórico (raio de luz) em um fenômeno diferente ao que foi originalmente trabalhado.

#### 5.2.2.1. Análise 2

O episódio em questão analisa a estrutura explanatória de uma das aulas desenvolvidas pelo Professor Pedro para discutir sobre a formação de imagens nos espelhos planos, nos remetendo ao princípio bakhtiniano segundo o qual qualquer enunciado é um elo em uma cadeia de comunicação (Bakhtin, 1986). Trazemos esse episódio para indicar os movimentos temporais que o professor realiza no processo de construção de significados com seus alunos. Assim, vemos o professor retomar alguns significados apresentados anteriormente e antecipar outras ações para que os alunos possam entender a formação de imagens.

Usualmente a construção de imagens nos espelhos planos nos materiais didáticos e nas práticas docentes se apresenta apoiada em uma ênfase nas então recém-introduzidas Leis da Reflexão dos raios luminosos, por meio de diagramas que apontam para o conceito de imagem virtual, utilizando-se os prolongamentos dos raios refletidos.

A aula em questão tem um tempo total de 35 minutos e um único desenho é feito no quadro no início da aula e está representado abaixo.



O professor explica aos alunos que o desenho acima é simplesmente uma consequência da aula anterior, na qual havia sido discutido, com a ajuda dos barbantes, as leis da reflexão dos raios luminosos. O que ele faz é representar dois raios luminosos que saem do mesmo ponto e incidem no espelho. Nesse momento o professor começa a discutir sobre a visão dos bebês, aproveitando o fato de uma das alunas trabalhar em uma clínica de oftalmologia e contribuir com as discussões apresentadas pelo grupo.

Transcrição	Comentários contextuais
1. Prof – Por cima desta mesa se coloca um vidro resistente que agunte crianças pequenas em cima/ e claro/ um suporte no vidro aqui e põe a mãe com algum brinquedo que a criança gosta de brincar ((vai até a extremidade da mesa imaginada))/ e a criança na idade de engatinhar coloca aqui em cima da mesa ((vai até a outra extremidade da mesa))/a mãe lá chamando e lá vai a criança novinha/lá vai a criança engatinhando em cima da mesa/preto/branco/preto/branco/ aqui tem vidro então ela passa por cima vai lá /preto/branco/preto/branco/((enquanto fala essas palavras ele vai espalmado as mãos sobre o vidro imaginário, como se engatinhasse)) /vai lá para a mamãe e brincar com o brinquedinho// Pega uma criança um mês mais velha/ um mês mais velha// ((volta para a extremidade inicial da mesa e simula colocar um bebê lá)) // um mês mais velha o olho da pessoa já mudou alguma coisa? / mudou na formação do olho?	O professor simula a montagem de uma grande mesa de vidro apoiada sobre duas carteiras escolares. Essa mesa (imaginária) seria de vidro no qual o bebê caminha. O chão da sala (passível) de ver pois a mesa é de vidro, é feito de ladrinhos pretos e brancos.
2. Aluna– Mudou ué, já está vendo melhor...	
3. Prof – Mas /você falou que o olho fica bem formado com?//	
4. Aluno – Com 6 meses aproximadamente.	
5. Prof – Então se eu pego uma criança um mês mais velha o olho dela está tão bem formado quanto estava antes. Concordam? O olho... ((aponta para seu próprio olho))//	
6. Aluno: O órgão /	
7. Prof. : O órgão!	
8. Aluno – Não/ mas você disse que pega uma criança/ e coloca para engatinhar// você não explicou... Você pode estar falando de uma criança de 4 meses...	
9. Prof – Não/não/ eu estou falando de uma criança com o olho bem formado, o órgão olho bem formado ((leva a mão ao olho e a oscila em movimentos circulares)). Peguei a criança com o olho tão bem formado quanto a outra/ pus aqui ((simula colocar a criança sobre a mesa de vidro))/ a mamãe lá chamando e lá vai a criança/ preto/branco/preto/branco/((simula engatinhar sobre o vidro até o instante no qual o vidro começa))/ Ai ela não vai... ((para e faz uma balançar a cabeça fazendo um gesto negativo)) /não vai/ Por quê?	

10. Aluno – Por que ela não vai?	
11. Prof – Por que ela não vai?	
12. Aluno – Por que tem mais percepção/ olhou tal	
13. Alunos – (várias respostas inaudíveis)	
14. Prof – Você falou o que?	Dentre várias respostas o professor seleciona aquela que lhe interessa, embora a aluna que estava mais próximo dele estivesse formulando uma resposta à questão apresentada.
15. Aluno – medo	
16. Prof – Medo/Ela descobriu nesse um mês / ela descobriu nesse um mês /ela aprendeu que essa diferença visual// esse padrão visual diferente/o preto e o branco ((mostra com as mãos a altura entre a mesa de vidro imaginária e o chão))/ ela interpretou aquilo como sendo desnível/ então ela aprendeu que/opa-ô/ esse padrão visual é um desnível isso é perigoso e eu posso cair/ ela não vai seguir// O que a gente quer mostrar com essa experiência? A gente mostra que embora o olho já esteja bem formado/ a criança aprende a ver ao longo da vida,/ver/ veja bem, a gente nasce com a capacidade de detectar luz/ mas interpretar aquilo que se vê é uma função aprendida pelo cérebro, concordam? É muito interessante a gente pegar, por exemplo, uma pessoa que foi cega a vida toda e fez cirurgia eh/ para corrigir/ para voltar a enxergar ou para enxergar a primeira vez, ou uma pessoa que perdeu a memória, perdeu a memória de qualquer referência visual/ ta, então ela está aprendendo a ver// você mostra para ela essas duas figuras, qual é a diferença entre essas duas figuras?	

O Professor Pedro lança mão dessa narrativa do bebê com a intenção de destacar o papel do cérebro no processo da visão, preparando os alunos para o momento no qual trabalhará as imagens virtuais, no qual retornará com a noção de como nosso cérebro está acostumado a perceber e interpretar as sensações luminosas que chegam aos nossos olhos. Em entrevista com o Prof. Pedro ele afirma ter se inspirado em um documentário visto na televisão, no qual esse experimento com o bebê era descrito e verificou que ele serviria de um bom elemento para ilustrar como muda a maneira de interpretarmos as informações obtidas por nossa visão nos primeiros meses de vida.

Esse episódio de discussão entre o professor e os alunos tem duração de 3,5 minutos e a ele seguem outros casos exemplares de diferenças de interpretação do sentido da visão por diferentes pessoas, dependendo da faixa etária e conhecimentos anteriores. Por isso o professor Pedro enfatiza o fato de o órgão visual já estar pronto no bebê após os seis meses e que desta fase em diante: “ela interpretou aquilo como sendo”, “a gente nasce com a capacidade de detectar luz/ mas interpretar aquilo que se vê é uma função aprendida pelo cérebro, concordam?” (turno 16). Ao selecionar a resposta do aluno (turno 15) o professor

realiza uma mudança do tipo de discurso, de interativo dialógico para um discurso não-interativo de autoridade.

No trecho seguinte, o professor Pedro esforça-se para verificar se os estudantes compreendem que a visão é fruto de dois processos, um físico e outro interpretativo. Para alcançar tal objetivo ele desenha no quadro diferentes formas de representar a letra A, maiúsculo, minúsculo, itálico, etc.

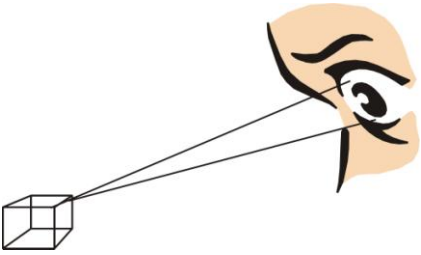
Transcrição	Comentários textuais
<p>1. Prof – A forma como está escrito cada A é diferente, mas é tudo A, o que é relevante? Essa questão sobre o que é relevante para diferenciar uma coisa ou outra, isso é uma função aprendida. Alguém poderia dizer que isso aqui que eu estou desenhando aqui no quadro é um cubo [desenha no quadro uma imagem bidimensional de um cubo]/ outra pessoa podia olhar e/ não uai/ isso aqui é um/isso daqui é um monte de palitinhos. Isso aqui é uma figura chapada, olha só um palito colado assim, outro palito colado assim, como se fosse plano, entenderam? ((forma com os dedos uma figura plana ))/ Entenderam?/Isso aqui para nos é uma representação tridimensional / outra pessoa pode não ser se ela não estiver acostumada com esse tipo de representação / por que eu estou falando isso tudo? // A gente aprende <math>\hat{u}</math> desde de criança que os objetos que estão no prolongamento dos raios luminosos que chegam nos nossos olhos / O que eu quero dizer com isso? // Todo mundo está vendo esse pedacinho de giz aqui? [ergue os braços, segurando um pedaço de giz] / Cê ta vendo? / Cê ta vendo? / Você não está vendo porque você não está olhando para Ca... Ta vendo? Ta vendo? Ta vendo? Ta vendo? Ta vendo? [gira o braço em várias direções] Olha para ai não, presta atenção aqui / Se está todo mundo vendo esse pedacinho de giz os raios luminosos que saem do giz e vão na direção dos olhos de cada um formam um feixe convergente <math>\hat{u}</math> ou divergente <math>\hat{u}</math>? Todo mundo sabe a diferença entre uma coisa e de outra?</p>	<p>Faz no quadro os seguintes desenhos: A, a, A, A</p> <p>Desenha no quadro a representação bidimensional de um cubo <input type="checkbox"/></p>
<p>2. Alunos – Não...</p>	
<p>3. Prof. – Convergente sai de várias posições e vai para um ponto só, esse é o convergente [desenha no quadro um feixe de luz convergente].</p>	
<p>4. Aluno – Então é o outro...</p>	
<p>5. Prof – Divergente sai de um único ponto e vai para várias direções. [desenha no quadro um feixe de luz divergente]</p>	
<p>6. Alunos – Divergente, convergente ....</p>	
<p>7. Prof – Divergente. A gente usa até essas duas palavras com outros /é com outros sentidos, os políticos, por exemplo - os senadores divergem quanto a aplicação da CPMF, cada um pensa de um jeito a respeito do mesmo assunto, cada um pensa de uma maneira diferente sendo os dois divergentes [mostra no quadro o diagrama, movendo a mão sobre os raios que divergem]. Ou então: todas as experiências feitas pelos cientistas levam /é convergem para a ideia de que a matéria é feita de átomos/ eu faço várias experiências diferentes para chegar no mesmo ponto / tá/[mostra no quadro o diagrama, movendo a mão sobre os raios que convergem]. Então se todos nós estamos vendo esse pedacinho de giz, os raios que saem dele formam um feixe convergente ou divergente? [segura o giz no alto]</p>	
<p>8. Aluno – (várias respostas ao mesmo tempo)</p>	
<p>9. Aluna – eu acho convergente, por que convergem dentro do olho. Por que o giz não está olhando para a gente, nós que estamos</p>	

olhando para o giz	
10. Prof - Tá, mas olha a pergunta que eu fiz / eu não perguntei se os nossos olhares convergem para o giz ou não / eu perguntei a luz que sai do giz / para que você veja não tem que vir do seu olho para o giz ((faz um gesto com o dedo, indicando algo saindo do olho e indo na direção do giz)) / tem que ir do giz para seu olho ((faz o movimento contrário com o dedo)) / Lembra do exercício da Marília e do Dirceu / você ilumina o Dirceu e a luz bate nele e vai no olho da Marília, então a luz que ilumina o giz / ele vai na direção do seu olho, no olho dele, então é convergente ou divergente? ((utiliza gestos com a mão para mostrar o caminho seguido pelo raio de luz))	
11. Alunos – Divergente	

Ao fazer a comparação com diferentes representações da letra A e depois com a representação bidimensional do cubo, o professor Pedro procura mostrar aos alunos como a cultura na qual estão inseridos influencia, e muita vez determina, no modo destes alunos perceberem o mundo (turno 1). No nosso modo de interpretar esse trecho, o professor procura mostrar a associação complementar entre o “hardware” e “software”: a luz sendo captada pelo olho e sensibilizando a retina, parte “dura” da formação da imagem e outra parte “macia” relacionada a como o cérebro processa essa imagem. É nesse momento que a bagagem cultural exerce uma enorme influência, pois a cultura nos ensina o que devemos destacar, filtrar e como interpretar as impressões visuais que percebemos. É muito comum em observações com telescópios, várias pessoas perguntarem, depois de observar na ocular, “o que que eu tenho que ver aqui?”.

Em seguida, o professor inicia uma discussão sobre feixes luminosos convergentes e divergentes, por meio do seguinte problema: do feixe de luz que sai do giz que segura na mão e é refletido para a sala (turno 1), se convergente ou divergente. Durante toda a construção da resposta o professor utiliza os mesmos gestos de mão utilizados durante aulas anteriores nas quais utilizou a recurso do barbante para visualizar a trajetória dos raios luminosos. Agora prescinde do barbante, mas continua a recorrer aos mesmos movimentos, de modo a conduzir os estudantes à “visualização” dos raios. Lembra com os alunos o exercício que serviu de ponto de partida para todo esse estudo: a questão de vestibular sobre as condições de Dirceu ver Marília (turno 10).

No último episódio analisado, o professor conseguiu junto com a turma mostrar que os feixes de luz refletidos do objeto são divergentes. Ele agora pode voltar ao desenho inicialmente feito no quadro (vela e espelho) e prepara as condições para que possa desenvolver a etapa final de seu plano: a formação de imagem virtual em espelhos planos.

<p>12. Prof – Divergente, então concorda? Está saindo daqui e indo para lá, para lá, para lá ((aponta para o giz que segura e indica raios luminosos saindo dele e espalhando por todas as direções da sala)) Nós nos acostumamos com a ideia de que // ao olharmos para o objeto/((desenha o rosto de uma pessoa olhando para um pequeno pacote )) quando a gente olha para um objeto/ os raios luminosos que saem dele / e que vão para todas as direções chegam no olho dele como um feixe divergente, formando vamos dizer assim/ um cone/ concordam? [desenha no quadro um ponto objeto com raios divergentes saindo dele e atingindo um olho à frente]. A pupila da gente tem um diâmetro / então esses raios luminosos chegam aqui abrindo, lembram /pouco mais é/ Nós nos acostumamos com a ideia de que o objeto fonte desta luz ((aponta para o pacote)) está no encontro <math>\hat{u}</math> no prolongamento dos raios luminosos que chegam aos nossos olhos / Entenderam o que eu falei? Mauro (nome fictício) presta atenção / pede para seu colega prestar atenção também, entenderam o que eu falei?</p>	 <p>Desenho feito no quadro</p>
<p>13. Alunos- Não</p>	
<p>14. Prof – Não / eu estou recebendo no meu olho /este raio e este daqui ((acompanha com o dedo indicador a trajetória dos raios luminosos desenhados que saem do pacote e atingem o olho da pessoa, na parte superior e inferior de um dos olhos do desenho)) / se eu prolongar esse raio no sentido contrário ((começa a traçar uma linha pontilhada saindo o olho e indo até o pacote, por cima o raio anteriormente desenhado)), vindo desta direção aqui/ e se eu prolongar esse raio no sentido contrário vindo nesta direção aqui / todo mundo concorda que estes dois prolongamentos dos raios que chegaram nos meu olhos coincidem / se cruzam neste pontinho daqui? ((enquanto fala refaz o caminho dos olhos para o pacote e encerra a fala apontando para o pacote))</p>	<p>Raios e barbantes</p>
<p>15. Alunos – Aham</p>	
<p>16. Prof – Tranquilo? Se eu levar a mão naquele ponto em que esses prolongamentos se cruzam ((levanta a mão lentamente para a posição na qual está desenhada o pacote e ali a mantêm))/ eu vou encontra ali o que? // O que tem ali onde esses raios se cruzam? eu vou encontrar se eu levar a mão aqui [o prof. coloca sua cabeça no ponto onde esta desenhado no quadro o olho e estica a mão até o ponto objeto desenhado no quadro]</p>	
<p>17. Alunos – O presente</p>	
<p>18. Prof – O presente /o objeto / então eu me acostumei com a ideia de que é no no prolongamento <math>\hat{u}</math> desses raios luminosos está a fonte <math>\hat{u}</math> desses raios luminosos/ está o objeto que gerou essa luz/ Concordam? Isso parece óbvio/ não parece? só que na hora que eu venho aqui para o espelho plano/ para a reflexão do espelho plano, se eu coloco meu olhos aqui <math>\hat{u}</math> [sobe na carteira e se põe de pé, colocando sua cabeça sobre o desenho dos raios divergentes que saem da vela e refletem em um espelho plano) e permito que esta luz entre nos meu olhos, eu vou ter a impressão de que o prolongamento desse raios é aonde? ((desliza a mão no desenho da trajetória dos raios, do olho para o espelho)) É aqui? ((ainda em cima da cadeira, coloca sua mão no desenho da vela, que é o objeto-fonte dos raios))</p>	
<p>19. Aluno – Não</p>	
<p>20. Prof – Não, onde é que está o prolongamento desses raios?</p>	
<p>21. Alunos – Do outro lado</p>	

22. Prof – Do outro lado/ ((desce da cadeira e desenha no quadro os prolongamentos dos raios incidentes, atrás do espelho)) então eu tenho a impressão de que no prolongamento desses raios luminosos / está a fonte dessa luz/ quando na verdade a fonte não está $\hat{u}$ / a fonte da luz está aqui ((aponta para o objeto vela))/ ali está apenas a imagem $\hat{u}$ ((aponta para o encontro dos prolongamentos dos raios)) daquela fonte de luz / a imagem daquele objeto ((apontando para o objeto vela desenhado)) / Entenderam? Sim ou não?	
23. Aluno – Mais ou menos	
24. Prof – mais ou menos, você entendeu o que eu estou chamando de prolongamento?	
25. Aluno – O que?	

Com o auxílio do desenho o professor procura mostrar aos alunos que nos acostumamos com a ideia de levar à mão para pegar um objeto exatamente no ponto nos quais os raios provenientes desse objeto convergem, ou seja, indo no sentido inverso do caminho percorrido pelos raios luminosos até chegar aos nossos olhos (turno 12). Diante da dificuldade de alguns alunos compreenderem a explicação, ele volta ao esquema desenhado e representa com linhas pontilhadas o modo como nosso cérebro percebe o local onde se encontra o objeto (turno 14), momento no qual pergunta aos alunos “o que eu vou encontrar quando eu levar a mão aqui?” (turno 16).

Desse modo, volta a fazer o mesmo raciocínio para o espelho plano e, prontamente, um problema surge: o local no qual os caminhos percorridos pelos raios luminosos parecem convergir estão atrás do espelho (turnos 21 e 22). Para reforçar ainda mais esse modo de construir uma representação material do fenômeno em questão, ele sobe em uma cadeira e posiciona sua cabeça de modo a coincidir com o desenho dos olhos feitos no quadro, dando vida à representação feita, tentando dessa maneira, dar uma maior veracidade à situação. Alterna, desse modo, entre o mundo dos modelos e suas representações e o mundo dos eventos e fenômenos.

Parece-nos que a noção de distância dos objetos a que o professor Pedro se refere não está relacionada ao fato de os raios de luz atingirem um mesmo olho em dois pontos diferentes: “A pupila da gente tem um diâmetro / então esses raios luminosos chegam aqui abrindo, lembram /pouco mais é”. Em sua explicação, o professor não considera o fato de diferentes feixes luminosos, provenientes de um mesmo ponto do objeto, atingirem os dois olhos, formando imagens distintas o que permite ao cérebro compor o efeito estereoscópico (visão tridimensional).

É interessante observar nesses dois episódios analisados, que o Prof. Pedro coordena muito bem as atividades experimentais compartilhadas de modo a criar uma estrutura explicativa para os conceitos que pretende explorar, tendo clara noção do ponto no qual está, qual o caminho a percorrer e onde deseja chegar, mesmo que essa estrutura não esteja muito evidente para os alunos.

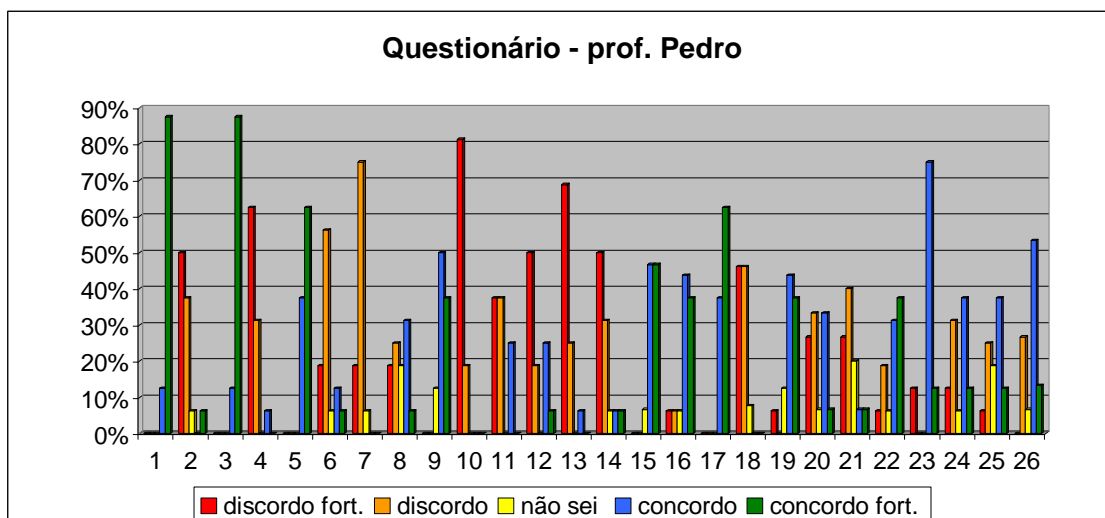
As atividades incluem os estudantes mais na forma de participação das atividades, promovendo interlocução quase que exclusivamente do tipo Iniciação de escolha ou de produto (Mortimer, 2003): “Está vendo o olho do outro aluno?”, “Convergente ou divergente”, “O que tem ali onde esses raios se cruzam”, “Mas vejam, o que vocês me dizem desse ângulo comparado com este ângulo de cá?”, “O ângulo é maior ou o tamanho do barbante é maior?” dentre outros. Essa característica pode estar relacionada ao propósito no qual as atividades estão sendo apresentadas, para a introdução de uma ideia científica, talvez por isso tenhamos uma pequena interanimação de ideias e pouco espaço para iniciações de processo ou metaprocessos.

Os recursos materiais utilizados para as construções teóricas realizadas durante as aulas de reflexão da luz nos espelhos planos – como o barbante e sua conexão com feixe luminoso – será utilizado durante todo o curso de óptica, tanto na construção de imagens nos espelhos esféricos quanto no estudo da refração da luz. Quando o professor pretendia mostrar para os alunos a direção dos raios luminosos, gestos de mão eram feitos como se ele estivesse segurando um barbante do ar, fazendo com que os estudantes retornassem à materialidade do conceito físico abstrato.

O modo de proceder do Prof. Pedro ao chamar vários grupos de alunos para participar das atividades compartilhadas, propicia as condições para que os alunos envolvam-se com o conteúdo trabalhado. O interesse dos alunos por aulas nas quais a experimentação está presente é grande, conforme respostas apresentadas no questionário. Os registros feitos em sala de aula corroboram essa percepção dos estudantes: quando as atividades eram propostas a atenção dos estudantes se voltava para as instruções do professor. Além disso, muitos alunos tomavam a iniciativa de buscar o material com o Prof. Pedro e coordenar o grupo de trabalho. Outra evidência de maior envolvimento dos alunos com as aulas experimentais está na inexistência de ocorrências de indisciplina, relativamente frequentes nas aulas do tipo expositiva. Não foi possível contudo verificar como as atividades realizadas se conectaram com o desempenho dos estudantes nas atividades avaliativas.

### 5.2.3. Entrevistas e questionários

Os alunos do Prof. Pedro responderam ao questionário em junho de 2009 sendo que o acompanhamento das aulas pelo pesquisador ocorreu durante o ano de 2008. O gráfico abaixo mostra o resultado do questionário (item 8.2, questionário 2). No ano de 2008, o número de alunos na sala de aula analisada era de 26 alunos e em 2009, quando o questionário foi aplicado, 19 alunos daquela turma ainda eram alunos do Prof. Pedro. O pesquisador optou por não aplicar o questionário aos alunos que foram transferidos de sala, sendo naquele momento alunos de outro professor. Tal procedimento visou evitar por parte dos alunos, de forma explícita, as comparações da forma de trabalhar dos professores, o que poderia gerar uma desnecessária tensão entre alunos, professores e direção.



Os alunos que responderam ao questionário, afirmam gostar muito quando as aulas apresentam atividades experimentais (questão 1), pois associam as aulas com este formato à melhor compreensão do conteúdo que está sendo discutido em sala (questão 2). Associam essas aulas a uma maior participação deles nas discussões do conteúdo, embora a forma como o Prof. Pedro estruturou as aulas observadas não propiciasse essa participação: as atividades eram conduzidas com a ajuda dos alunos, porém com uma condução excessivamente centrada nas falas e nos pontos de vista do professor, cabendo aos alunos responderem às solicitações com respostas curtas. Apesar de responderem que as experiências realizadas em sala facilitam a associação com o conteúdo ensinado em sala (questão 3), não foi possível verificar essa associação: no item 27b do questionário 2 (item 8.2) apenas um aluno fez a correspondência correta entre a atividade experimental realizada no ano anterior e o conteúdo correlacionado a essa mesma experiência. O longo tempo entre a realização das atividades e a aplicação do

questionário pode ter contribuído para este pequeno número de acertos, bem como a possibilidade dos alunos, mesmo recordando as atividades feitas não serem capazes de saber a qual conteúdo estariam as atividades associadas. não perceberem uma associação entre as atividades compartilhadas apresentadas e o conteúdo de Física ministrado.

Durante o período de observação não foi possível verificar uma coletivização das perguntas realizadas pelos discentes: elas eram trabalhadas pelo professor que devolvia as respostas aos alunos que as formulava. Um item que apresentou muita dispersão de respostas foi o item associado à forma de elaborar uma pergunta para o professor: se em particular ou no coletivo da sala de aula. Não foi observado nem uma nem outra forma de modo significativo. As perguntas apresentadas pelos alunos, durante as aulas, no coletivo da sala, eram perguntas de esclarecimento em relação ao conteúdo apresentado.

As entrevistas com o Prof. Pedro foram conduzidas durante toda a pesquisa, em 2008 e 2009, de forma estruturada e semi-estruturada (item 8.2) e alguns tópicos de maior relevância foram citados ao longo do trabalho. Por duas vezes o pesquisador o entrevistou em sua casa, outras vezes na própria escola onde trabalha, e, quando era necessário realizar algum esclarecimento maior, utilizou-se o telefone ou o e-mail.

## 6. CONCLUSÕES

### 6.1. Principais achados: retomando as questões de pesquisa

‘Inicie as instruções com materiais concretos e familiarize por completo os estudantes com o fenômeno discutido’. Essas eram algumas das recomendações educacionais propostas por Ernst Mach, eminente físico que viveu no final do século XIX (Matthews, 1991), e que de certo modo, alinham-se com algumas propostas ainda hoje em voga. As atividades experimentais têm ocupado boa parte das discussões relativas ao ensino e aprendizagem em ciências. Esta dissertação pretendeu fazer uma análise do fazer docente – recursos, estratégias e abordagens – no desenvolvimento de atividades experimentais compartilhadas com a classe e nos efeitos dessas atividades em aspectos relacionados à aprendizagem em física.

Buscou-se na pesquisa um caminho usualmente contrário ao encontrado em outras do gênero: ao invés de construir sequências didáticas com a utilização de atividades experimentais projetadas por teorias cognitivas atuais, pesquisou-se em salas de aula práticas experimentais utilizadas por professores que apresentam boas repercussões no ambiente escolar (reconhecidas por alunos, professores e direção). As teorias de desenvolvimento cognitivo de orientação sociocultural serviram para examinar os elementos que se julgam relevantes para o relativo sucesso do trabalho em sala de aula desses professores e para um aprofundamento da análise dessas práticas.

O primeiro tema abordado na pesquisa buscou a relação entre experimentação e dialogia. Embora os cenários montados pelos professores Beto e Pedro durante suas aulas com atividades compartilhadas sejam diferentes, ambos apresentam o mesmo esforço no sentido de criar um ambiente no qual os alunos possam participar das discussões relativas ao assunto abordado em sala de aula. Por essa razão, as práticas apresentadas por esses professores são quase sempre acompanhadas pela formulação de problemas e por uma exploração inicial com a participação dos estudantes.

A formatação das aulas do professor Beto apresentava uma estrutura na qual o fator tempo exercia uma grande pressão uma vez que os alunos estavam no último ano do ensino médio em escola cujo projeto pedagógico está fortemente associado ao desempenho dos estudantes em exames de vestibular. A limitação de tempo que tal contexto apresenta justifica, no dizer do próprio professor, a opção por utilizar slides como condutor mestre das apresentações, entremeadas de atividades compartilhadas e anotações no quadro. Mesmo

nesse cenário de aulas compactadas, o professor Beto não abre mão do uso de atividades experimentais enquanto estratégia para introdução, desenvolvimento e aprofundamento de conteúdos físicos.

O professor Pedro, que conta com um ambiente menos hostil no que se refere à pressão de conteúdos, ainda assim tem que lidar com reformas curriculares e com a implantação do Currículo Básico Comum (CBC) nas escolas da Rede Estadual de Ensino de MG. Tais mudanças tiveram fortes implicações na organização dos tempos e planejamentos dos docentes e alguma pressão por resultados nos exames realizados pela SEE-MG. Ainda assim, o principal obstáculo às práticas inovadoras do Professor Pedro estão relacionadas às condições de trabalho e às condições de estudo de seus alunos, quase todos trabalhadores. Esse professor também opta por trabalhar com atividades experimentais compartilhadas, em que um problema é apresentado e desenvolvido junto à classe, o que diminui a dispersão do trabalho em grupos e diminui os recursos experimentais necessários, providenciados pelo professor Pedro a partir de materiais cotidianos e sucata.

As estratégias enunciativas utilizadas pelos professores pesquisados em situações didáticas mediadas por atividades experimentais foram diversificadas. O professor Beto ao iniciar um tópico procurava estimular os alunos a discutir um assunto associado ao tema científico a ser desenvolvido, mas que aparentemente não pertencia ao contexto da aula. No tópico sobre espelhos planos, a imagem de abertura apresentada na tela da sala de aula era a de uma xícara em uma superfície muito polida, apresentando uma imagem especular, mostrada na ilustração 1. O professor então pergunta quais alunos pretendem fazer a prova de vestibular para o curso de Psicologia (mapa de eventos das aulas do Prof. Beto do dia 28 de agosto no anexo). O intuito é discutir a lenda grega de Narciso, cuja temática relaciona-se com o tópico que será abordado em sala, a reflexão da luz. Isso serve como ponto de partida para que se estabeleça um diálogo que conduzirá ao tema científico a ser estudado. Outros exemplos no qual o professor Beto inicia um processo de chamada ao diálogo com a turma no início dos tópicos também foram observados durante a pesquisa.



**Ilustração 1:** Imagem utilizada pelo Prof. Beto na abertura do capítulo de Reflexão da Luz.

O início do estudo de reflexão da luz ocorre com a pergunta feita aos alunos sobre o porquê do céu ser azul na Terra (e escuro na Lua durante o dia), o que provoca uma série de diferentes respostas que são exploradas pelo professor para manter o tema em suspensão. O estudo do campo visual dos espelhos é apresentado com a discussão da melhor forma de ajustar os espelhos retrovisores laterais e interno de um carro para permitir uma maior área de visualização. A construção do espelho espacial Hubble (e a presença de outros espelhos esféricos no dia a dia) serve como ponto de partida para o estudo dos espelhos esféricos. Todos esses exemplos mostram o cuidado do professor em promover um envolvimento inicial da turma. É importante lembrar que todas as proposições e perguntas apresentadas no início da aula como forma de fomentar as discussões terão, em algum momento da aula, apoio de uma montagem experimental.

O professor Pedro, nas aulas acompanhadas, para promover a participação inicial dos alunos na construção dos enunciados, distribui materiais para pequenos grupos. Muitas vezes esses materiais foram entregues sem que existisse qualquer instrução preliminar. Um dos exemplos foi a distribuição de colheres de metal polidas. Nenhuma orientação foi repassada aos grupos, e os enunciados foram surgindo à medida que um grupo comunicava com outro as diferentes (e para eles, surpreendentes) imagens que se formavam de um lado e outro da colher a diferentes distâncias. Somente depois de todos os grupos terem compartilhado as informações e perguntarem o porquê dessas características é que o professor passou a conduzir a aula de uma maneira mais estruturada, escrevendo observações no quadro. Um procedimento semelhante aconteceu com a distribuição de termômetros e molas em outras semanas do ano letivo. Esse procedimento, conforme confirmado pelo professor Pedro em entrevista, propicia um movimento que se inicia na parte fenomenológica, com intensa exploração pelos sentidos, para posteriormente, ocorrer uma formalização do conteúdo, no momento em que são apresentadas as teorias e modelos sobre os eventos problematizados.

A maneira como o professor Beto conduz as atividades nos indicou uma maior incidência de episódios considerados dialógicos, nos quais ocorre maior interanimação de ideias. Nesses casos, tivemos evidências de maior participação dos alunos, como a formulação de perguntas e construção de hipóteses que extrapolam a estrutura explicativa inicialmente prevista pelo professor. Porém, mesmo nesses casos, os enunciados dos estudantes são curtos e muitas vezes eram completadas pelo próprio professor, antes que os alunos o fizessem. Ao ser indagado sobre isso, se tal atitude era proposital ou não, o professor Beto indicou a forte pressão do tempo para cumprir o extenso conteúdo como fator determinante.

Os enunciados nas aulas do professor Pedro são trabalhados por um intervalo de tempo maior, no qual os alunos têm mais oportunidade de participar da conclusão da atividade, muitas vezes completando o discurso do professor. Porém, ainda nesse ambiente, a condução do discurso é ainda bastante centrada na figura do professor. Os momentos em que o professor recorre a experimentos constituem oportunidades para que os alunos possam falar sobre os fenômenos tratados, ainda que sem as ferramentas conceituais da ciência.

Nas aulas do Professor Pedro em que os experimentos são usados como recurso exploratório na introdução de um tema, encontramos, então, presença maior de discurso interativo e dialógico. Esse uso exploratório de recursos experimentais não é comum nas aulas do Professor Beto, talvez pela pressão do tempo.

Ao contrário do que supúnhamos, as características da participação de alunos e condução do discurso pelo professor não são distintas quando comparamos experimentos utilizados para introduzir ideias científicas – por exemplo, a reflexão difusa no experimento com laser na aula do Professor Beto ou as leis da reflexão com o barbante nas aulas do Professor Pedro – e outros, utilizados para guiar os estudantes na aplicação de ideias científicas em novos contextos – o espelho parcialmente coberto na aula do Professor Beto e o experimento com a cúca do Professor Pedro. Assim, embora os experimentos exploratórios dêem mais lugar à dialogia e à participação efetiva dos estudantes na construção de enunciados, os experimentos usados com propósito de introduzir ideias científicas e aqueles usados para aplicar ideias científicas já apresentadas à turma apresentam estruturas de participação comuns.

O segundo tópico de pesquisa, relativo às contribuições dos experimentos na mediação entre o mundo dos objetos e fenômenos e o mundo dos modelos e teorias, pode ser observado

na maior parte das aulas pesquisadas. O professor Pedro, no sugestivo episódio do barbante (item 5.2.2) o faz com maestria. Inicia a abordagem do estudo da reflexão da luz envolvendo a turma na discussão da resolução de uma questão de exame de vestibular que propicia um ambiente no qual os alunos podem expor e justificar seus diferentes pontos de vista. Depois de ter construído um enunciado consensualmente admitido pela turma sobre como as pessoas enxergam os objetos o professor utiliza apenas um espelho e um barbante para, gradualmente, deslocar a discussão do fenômeno para a teoria. Os feixes luminosos são materializados pelo barbante, colocados próximos aos olhos dos alunos que participam da atividade. Somente após várias repetições com diferentes alunos o professor utiliza-se de diagramas para representar a situação no quadro. Posteriormente, ao estudar a formação de imagens nos espelhos planos e esféricos, não mais utilizará o barbante, mas a ele fará referência como se esse ente material estivesse presente, tendo sido internalizado como ferramenta simbólica (não mais material) para o estudo dos fenômenos luminosos. Observa-se então uma gradual desmaterialização dos fenômenos ao mesmo tempo em que os aspectos teóricos e abstratos ganham vida: os barbantes são substituídos por feixes e raios luminosos.

De modo semelhante, no episódio analisado do professor Beto sobre o bloqueio do espelho, e como isso afetava a formação de imagem, a montagem experimental garante não somente a resolução da questão, uma vez que os alunos não percebem inicialmente a mudança na intensidade de luz da imagem quando o espelho é bloqueado. Os diagramas e desenhos utilizados para representar a montagem experimental permitem a construção da resposta e sua posterior confirmação. O professor recorre ora à montagem experimental, ora aos diagramas e desenhos para que a explicação seja bem compreendida. É interessante averiguar o momento no qual o professor percebe que um ou outro recurso (modelo ou o fenômeno) esgotou suas possibilidades, realizando a transição para que as explicações sejam apoiadas em diferentes referenciais, empírico ou teórico. Ao ser apresentado ao episódio e interpelado sobre o momento da decisão de virada para um ou outro recurso, o professor justificou no “timing” da aula, isto é, a percepção intuitiva, dada pela experiência de muitos anos de sala de aula, que não seria produtivo mais utilizar um mesmo recurso.

É importante ressaltar, no caso analisado do espelho bloqueado do professor Beto, como fenômeno já é bastante alterado ao ser apresentado aos alunos. O banco óptico produz um feixe praticamente paralelo ao eixo principal do espelho côncavo. Esse aspecto encontra-se mascarado na montagem experimental e resolve boa parte dos problemas que teria um aluno caso fosse reproduzir o fenômeno sem a mediação do banco óptico. O banco óptico é

um recurso material posto ‘a serviço da teoria’, que permite mascarar aqueles efeitos considerados irrelevantes e destacar outros que o modelo põe em evidência. Podemos citar outros recursos experimentais em laboratórios didáticos que cumprem a mesma função: carrinhos de explosão, utilizados para o estudo da conservação da quantidade de movimento, fontes com baixa resistência interna para estudo de circuitos elétricos, cubas de onda para propriedades de propagação de ondas, etc. Dessa maneira, podemos concluir que os recursos materiais experimentais não representam o fenômeno em si, mas já estão associados às teorias com as quais dialogam. Dito de outro modo, tais recursos encontram-se a meio caminho entre o mundo dos objetos e fenômenos e o mundo das teorias e ideias.

Podemos sumarizar três contribuições que os experimentos dão aos processos de modelagem, tão relevantes para a aprendizagem em física. A primeira delas consiste, como destacado acima, no fato de que o recurso experimental ser concebido e apresentado de modo a ‘falar’ a linguagem da teoria, ou seja, a apresentar o modelo. Uma segunda contribuição consiste em estabelecer pontes entre os objetos concretos (como barbantes e feixes luminosos) e objetos teóricos ou objeto modelo (como raios luminosos). Finalmente, a terceira contribuição está em que a presença do fenômeno estimula a imaginação criativa dos aprendizes em busca de uma resposta adequada aos desafios propostos. É o caso, por exemplo, do experimento em que o Professor Beto propõe ao cobrir parte do espelho e estimula a previsão de resultados.

O terceiro tema da pesquisa consistiu em buscar indicadores das relações entre uso de experimentos e o interesse ou engajamento dos alunos com os conteúdos da física escolar. Nas aulas nas quais as atividades compartilhadas estiveram presentes foi possível observar alguns indicadores apontados por Engle e Conant (2002) como determinantes no engajamento dos alunos. As discussões que se seguiam ao início da condução das atividades por parte dos professores apresentavam, quase sempre, participação significativa de vários alunos, de forma razoavelmente coordenadas. As filmagens mostram uma posição corporal dos alunos nitidamente convergentes em direção à atividade feita pelo professor (aulas do professor Beto e Pedro) ou com participação de quase todos os alunos dos grupos (aula do professor Beto). Outro indicador do engajamento era o modo passional como os alunos se envolviam nas atividades, nas quais se registraram várias vezes nas gravações em áudio das aulas termos como: “que legal”, “que chique”, “Oh”, “faz de novo!”.

Para que o experimento conduza a um engajamento disciplinar produtivo e não apenas um mero interesse pelo que está sendo apresentado, é preciso cuidar das relações entre as manipulações da montagem (feitas a partir de problematizações) e os enunciados teóricos que se pretende desenvolver a partir delas. Em quase todas as atividades que acompanhamos, observamos especial cuidado dos professores em estabelecer tais vínculos, exceção feita ao experimento com sons utilizando barbantes acoplados a uma lata de metal. Nesse caso, o experimento não permitia uma relação adequada entre o fenômeno e os aspectos teóricos que se pretendia tratar – relação entre a frequência do som produzido e a tensão na corda (anexo 3 – aula 15 professor Pedro).

## **6.2. Particularidades na abordagem do tema – dificuldades encontradas**

Uma das principais modificações ocorridas no plano inicial de trabalho e que, configurava-se como uma dificuldade à sua efetivação, foi a ruptura do plano de ação elaborado para as filmagens. Inicialmente havia-se programado registrar as aulas de um professor por um período maior de tempo para que os diferentes movimentos realizados com as atividades experimentais em sala de aula pudessem ser mais bem analisados e contrastados com aulas ou sequências de ensino em que o uso de atividades experimentais não estivesse tão presente. Durante o ano de 2007 foi feito um acompanhamento sistemático das aulas, com poucos registros em vídeo, mas com extensas anotações de campo, que serviriam para o planejamento as ações no ano de 2008: sequências de ensino a serem filmagens, entrevistas e questionários, sendo que as gravações em vídeo seriam a fonte que nos forneceria o material com maior volume de informações. Esse contato preliminar serviu também para ajustar o projeto de pesquisa que passava pelas primeiras modificações. Ao final de 2007, o plano de filmagens estava montado para ocorrer nos meses de maio a setembro. Contudo, em 2008, vários acontecimentos ocorridos com o professor-colaborador fez com que o plano traçado fosse fortemente alterado. Paralisações e greves ocorreram na escola. Professores de outras disciplinas que faltavam, obrigando o professor-colaborador a trabalhar em duas salas ao mesmo tempo, deixando atividades em uma e outra, alterando o planejamento que havia realizado. Além disso, durante o primeiro semestre de 2008 o professor recebeu dois estagiários do curso de licenciatura em Física para orientação, o que não causou alteração no planejamento, mas alteração em nosso objeto de investigação, as aulas daquele professor. Além desses contratemplos o professor estava, nesse período, mudando de residência, o que acarretou uma dificuldade no armazenamento e transporte dos materiais usualmente utilizados por ele nas aulas. Houve uma redução significativa das atividades experimentais em 2008

quando comparadas às aulas de 2007. Devido a todos esses fatores, no início do segundo semestre de 2008 optou-se por acompanhar também outro professor cujo trabalho apresentava características semelhantes ao do primeiro. O que em princípio se apresentava dificuldade na coleta de dados da pesquisa gerou uma situação que muito ampliou os horizontes do trabalho inicialmente planejado.

### **6.3. Implicações para o ensino, pesquisa e formação de professores**

É desejável que o estudo possa apresentar desdobramentos. A relevância do estudo de caso se situa muitas vezes não apenas nas respostas que são apresentadas como objetivos iniciais, mas ainda nas novas questões que o estudo coloca.

O acompanhamento de um número maior de professores em atividades compartilhadas verificando conexão dessas com os itens analisados na pesquisa poderia corroborar ou não algumas das conclusões apresentadas e, certamente, agregaria outros elementos às questões discutidas.

Foi demarcado nos episódios analisados a alternância entre o discurso dialógico para o discurso de autoridade, tanto nas aulas do professor Pedro quanto do professor Beto. Mas o que determina que o professor faça tal mudança naquele momento? Será que ao verificar o engajamento dos alunos, na busca de explicações para um determinado problema apresentado, já seria um indicativo suficiente para que ele promova uma alteração na sua abordagem comunicativa? Os alunos teriam “mordido a isca” o que facilitaria a mudança no modo de proceder do professor sem que os alunos da turma se sintam alijados do processo? Quais as desvantagens em não dar voz aos alunos na construção final dos enunciados? Em que medida as concepções sobre docência não estão também envolvidas na ‘virada’ para o discurso de autoridade, além de fatores externos como currículo e a gestão da participação dos alunos? Ou seja, o que o move a virar a “chave” na forma da abordagem comunicativa, de dialógico para de autoridade e vice-versa?

O mesmo questionamento pode ser feito quanto à referencialidade do discurso da sala de aula, momento no qual o professor percebe que deve alternar o tratamento de conteúdos teóricos com outros, empíricos. Que evidências ele utiliza para perceber que um nível de referencialidade esgotou suas possibilidades em desenvolver a ação pretendida? Seriam a natureza e intensidade de perguntas elaboradas pelos estudantes que determinam essa alternância? Essa decisão está vinculada apenas à relação com o tempo que o professor tem

para desenvolver um programa ou existem outros fatores menos conscientes que influenciam na tomada de decisão?

Ao apresentar o uso das atividades experimentais como mediador entre o mundo dos modelos e fenômenos comentou-se que tais atividades, por realizar essa conexão, apresentavam características de ambos os mundos sem que pertençam necessariamente a nenhum deles. Os professores percebem que os experimentos que apresentam muitas vezes estão mais distantes do mundo dos objetos do que eles pressupõem, isto é, que já se encontram adaptados para a teoria que desejam promover? Essa tomada de consciência, caso ocorra, implicaria em redução no *status* atribuído pelos professores às atividades experimentais? Em que medida os professores julgam conveniente compartilhar com seus alunos a compreensão das relações entre aparatos experimentais e as teorias para as quais estão orientados?

Durante as entrevistas realizadas com o Prof. Beto foi feito o pedido que relacionasse outros episódios de atividades experimentais compartilhadas, realizadas durante aquele ano, nas quais se percebe um intenso interesse e mobilização cognitiva dos alunos. O Prof. Beto listou mais de onze atividades cujas características se enquadravam no que foi solicitado, das quais destacamos duas: i) projeção de uma onda senoidal na parede utilizando um pequeno espelho preso na ponta de um diapasão, um espelho rotatório e uma fonte de luz laser. A projeção da onda na parede permite, ainda, examinar os fatores que permitem alterar o comprimento da onda e sua amplitude. Uma das características dessa atividade é a junção de fenômenos luminosos e sonoros, o que causa uma sensação de deslumbramento nos alunos muito intensa; ii) transformador abaixador de tensão: ao abaixar a tensão de 120 V para 2 V a corrente no secundário aumenta bastante. Essa corrente passa por uma moeda que se torna incandescente. “Eu crio um pouco de sensação dizendo que os alunos vão poder ver o Sol nascendo em sala de aula” (Prof. Beto). Qual seria a repercussão de atividades como essas na aprendizagem dos conceitos a elas relacionada? Existiria apenas a associação dos efeitos luminosos e sonoros de tais atividades ou existiriam conexões entre a vivência de uma situação desafiadora e instigante com a atividade cognitiva dos estudantes?

Como temas como a motivação, usualmente distantes do pensamento racional que moldam o ensino de Física podem ser trabalhados nos cursos de formação para professores, mostrando-lhes a importância desse elemento na construção de uma relação mais afetiva com seus alunos? Como realizar esse equilíbrio e evitar que as atividades experimentais sejam

apenas espetáculos de pirotecnia, de efeitos especiais, mas vazios de significados científicos? Seria possível verificar, em estudos de longo prazo, quais foram os efeitos dos experimentos memoráveis nos alunos que já deixaram o ensino médio há alguns anos? Caso afirmativo, como tais alunos, agora, significam e valorizam tais experimentos e o conhecimento científico a eles relacionados?

Esperamos que a pesquisa apresentada possa contribuir para que os olhares dos pesquisadores se voltem mais para as atividades desenvolvidas por professores em situações “reais” de sala de aula e não tanto para situações introduzidas em sala de aula por programas de pesquisa. Entendemos que os dois movimentos são necessários e complementares, mas defendemos a tese que existe uma assimetria nesses modelos e que as práticas inovadoras desenvolvidas em sala de aula de Física por professores em exercício, no que se refere ao uso das atividades experimentais, têm muito a oferecer para a pesquisa e para a formação docente.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAMS, Ian and MILLAR, Robin (2008) 'Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science', *International Journal of Science Education*, 30:14, 1945-1969
- ABRAHAMS, Ian (2009) 'Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science', *International Journal of Science Education*, 31:17, 2335 - 2353
- AGUIAR JÚNIOR, O. G.; MORTIMER, Eduardo F.; SCOTT, Phil. Learning from and responding to students' questions: The authoritative and dialogic tension. *Journal of Research in Science Teaching (Print)*, p. n/a-n/a, 2009.
- ARAUJO, M.S.T de; ABIB, M.L.V. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *rev. bras. ensino fís.*, São Paulo, v. 25, n. 2, June 2003, available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso)>. Access on 15 nov. 2009.
- ARAUJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 25, n. 2, Junho 2003 .
- BAKHTIN, M. M. (1986). *Speech genres & other late essays* (Caryl Emerson and Michael Holquist, Ed. and Vern W. McGee, trans). Austin: University of Texas Press.
- BORGES, A.T., *O Papel do laboratório no ensino de Ciências*. Atas do I ENPEC, Águas de Lindóia S.P, Novembro, 1997.
- BORGES, A. T. Novos Rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, 2002. (Reeditado em v. 21, Edição Especial, nov. 2004).
- BRASIL. MEC. Programa Nacional do Livro Didático Ensino Médio. Brasília, 2004.
- BRASIL. MEC – SEB/CGEM - Ensino Médio Inovador. Abril de 2009
- CORNELIUS, L.L. & HERRENKOHL, L.R. (2004). Power in the classroom: How the classroom environment shapes students' relationships with each other and with concepts. *Cognition and Instruction*. 22(4), 467-498.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E.F. & SCOTT, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7): 05-12.
- DUSCHL, R., & OSBORNE, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- EDGEWORTH, R.L., & EDGEWORTH, M (1811). *Essays on practical education*. London: Johnson.

- ENGLE, R. A., & Conant, F. R. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20, 399-484, 2002.
- GÜNTER, H. Como elaborar um questionário. In: *Planejamento de pesquisas nas Ciências Sociais*, nº. 1. Brasília, 2003.
- HEMAIS, B.; BIASI-RODRIGUES, B. A proposta sócio-retórica de John M. Swales para o estudo de gêneros textuais. In: MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (Orgs.). *Gêneros: teorias, métodos, debates*. São Paulo: Parábola, 2005. p. 108-129.
- HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- HOFSTEIN A., LUNETTA V.N., (2004), The laboratory in science education: foundation for the 21st century, *Science Education*, 88, 28-54.
- KRYSTYNIAK, R. A., HEIKKINEN H. W. Analysis of Verbal Interactions During an Extended, Open-Inquiry General Chemistry Laboratory Investigation, *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING* VOL. 44, NO. 8, PP. 1160–1186 (2007)
- LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.
- LEMKE, J. L. Talking science: language, learning and values. Norwood, NJ: Ablex, 1990.
- LUNETTA, V. N., HOFSTEIN, A., & CLOUGH, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 393-441). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- MATTHEWS, M.R.: 1991, 'Ernst Mach and Contemporary Science Education Reforms'. In M.R. Matthews (ed.), *History, Philosophy, and Science Teaching: Selected Readings*, OISE Press, Toronto, pp. 9– 18.
- MEHAN, H. (1979). *Learning lessons: the social organization of the classroom*. Cambridge: Harvard University Press.
- MERCER, N. As perspectivas socioculturais e o estudo do discurso em sala de aula. In: COLL, C.; EDWARDS, D. (Org.). *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998, p.13-28
- MILLAR, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Paper presented to the Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision. Acessado em 27 de agosto de 2008 de [http://wind.lrdc.pitt.edu/researches/Robin\\_Millar\\_Final\\_Paper.pdf](http://wind.lrdc.pitt.edu/researches/Robin_Millar_Final_Paper.pdf)
- MILLAR, R., LE MARÉCHAL, J-F. and TIBERGHIE, A. (1998) *A map of the variety of labwork in Europe*. Working Paper 1, LSE project.

- MORGAN, M.S., MORRISON, M. (1999) *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- MORTIMER, E.F. (1998). Multivoiciness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, 20(1): 67-82.
- MORTIMER, E.F., SCOTT, P.H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- MORTIMER, E. F. et al.. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de Ciências. In: NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil: Alguns recortes*. 1 ed. São Paulo: Escrituras, 2007.
- SÁ, E. F. (2003). *Os Propósitos de Atividades Práticas na visão dos Alunos e Professores*. Belo Horizonte (MG):. (Dissertação de Mestrado)
- OGBORN, J. KRESS, G., MARTINS, I. & MCGILLICUDDY, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- PINHEIRO, T.; PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: Pietrocola, M. (organizador) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- PINHO ALVES, J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ago. 2000.
- PINTRICH, P. R., & SCHUNK, D. H. (1995). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- RITCHIE, S.M., & TOBIN, K. (2001). Actions and discourses for transformative understanding in a middle school science class. *International Journal of Science Education*, 23 (3), 283-299.
- SÉRÈ, M. G., COELHO, S.M., NUNES, A.D (2003). O papel da experimentação no ensino de Física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.20, n.2, p. 30-42, abril 2003.
- SCOTT, P. S, MORTIMER, E. F, AGUIAR, O. G. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, V. 90. Issue 4, p.605-631, 17 feb. 2006.
- SCOTT, P. H. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32: 45-80.
- SHULMAN, L., & TAMIR, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In R. M. W. Travers (Ed.), *Second handbook of research on teaching* (pp. 1098-1148). Chicago, IL: Rand-McNally.

TIBERGHIEU, Andr e, Laurent VEILLARD, Jean-François LE MAR EHAL, Christian BUTY, Robin MILLAR: An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries, *Science Education*: v.85, n.5, p.483-508, 2001.

VOLOCHINOV, V. N. *Marxismo e Filosofia da Linguagem*. São Paulo: Hucitec, 1997.

VYGOTSKY, L.S. *A forma o social da mente*. O desenvolvimento dos processos psicol gicos superiores. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WATSON, R (2000). The role of practical work. In M. Monk & J. Osborne (Eds.), *Good practice in science teaching* (p.57-71). Buckingham, UK, and Philadelphia: Open University Press.

WELLS, G. Da adivinha o   previsão: discurso progressivo no ensino e na aprendizagem em ciências. In: COLL, C. e EDWARDS, D. (Org.). *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula*. p.107-142. Porto Alegre: Artes Médicas.1998.

WERTSCH, J.V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

WHITE, R.T (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**ANEXOS**

ANEXO 1 – Protocolo de entrevista.....	1
ANEXO 2 – Questionário.....	3
ANEXO 3 – Mapa de eventos das aulas do Prof. Pedro.....	8
ANEXO 4 – Mapa de eventos das aulas do Prof. Beto.....	35

**Anexo 1. Protocolo da entrevista**

Caro professor,

Este questionário é parte de uma pesquisa associada no curso de mestrado em educação da FAE/UFMG. Nossa atenção volta-se para a relação existente entre as atividades experimentais realizadas em sala, sua conexão com o mundo das teorias/fenômenos e suas repercussões na participação e envolvimento dos alunos. Contamos com a sua colaboração. Obrigado.

Nome:

Data de nascimento:

1. Grau de instrução:

graduado       Especialista       Mestre       Doutor       \_\_\_\_\_

2. Instituição em que cursou a graduação: \_\_\_\_\_

3. Ano de conclusão do curso: \_\_\_\_\_

4. Número de escolas de leciona: \_\_\_\_\_

5. Tempo de profissão: \_\_\_\_\_

6. Assinale a opção que melhor representa a forma como você planeja suas aulas:

Roteiro proposto pelo livro didático adotado.

Consulta vários livros do ensino médio e elabora um roteiro próprio

Consulta livros do ensino médio e superior e elabora um roteiro próprio.

Consulta livros diversos, revistas especializadas, jornais, etc. e elabora um roteiro próprio.

Outros.

    Especificar caso: \_\_\_\_\_

7. Você se lembra de alguma atividade experimental marcante durante sua carreira de estudante de ensino médio? E de graduação? Por que ela foi marcante?

8. Qual a infra-estrutura e recursos materiais disponíveis nas escolas em que você trabalha?

9. Que outros recursos você julga importante ter?

10. A que fontes você recorre ao planejar as atividades experimentais que farão parte das aulas? Relacione-as por ordem de relevância.

11. Com que frequência você utiliza as atividades experimentais em suas aulas?

1 vez por mês

1 vez por semana

1 a cada aula

outras: \_\_\_\_\_

12. Vários objetivos estão relacionados à utilizar uma atividade experimental. Utilize o número 1 para o item mais predominante, o 2 para o segundo mais predominante, o 3

para o menos predominante e o 4 para o que não acontece. Os números podem ser repetidos.

- ( ) comprovar e/ou verificar leis e teorias científicas,
- ( ) ensinar o método científico,
- ( ) facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos
- ( ) ensinar habilidades práticas
- ( ) outros: \_\_\_\_\_

13. Qual a sua percepção em relação à postura predominante dos alunos durante as atividades experimentais realizadas nas aulas?

## Anexo 2. Questionário

### Modelo 1

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO – FAE**  
**PÓS – GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO: CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL**  
 Mestrando: Francisco Pazzini Couto  
 Orientador: Orlando Aguiar Júnior



Caro aluno,

Estamos realizando uma pesquisa que servirá de subsídio para estudar alguns elementos sobre atividades experimentais realizadas em sala de aula por professores de Física. O propósito deste pequeno questionário é melhor averiguar tópicos que não são possíveis de se registrar com as filmagens já feitas. Não é necessário se identificar. Você deve marcar uma letra “X” em um dos números (1, 2, 3, 4 ou 5). Os números representam as seguintes respostas:

1. Discordo fortemente	2. Discordo	3. Não sei	4. Concordo	5. Concordo fortemente
------------------------	-------------	------------	-------------	------------------------

Itens	1	2	3	4	5
1) Gosto das atividades experimentais apresentadas em sala.	1	2	3	4	5
2) O número de atividades experimentais presentes na aula de física poderia ser menor.	1	2	3	4	5
3) As aulas com atividades experimentais me permitem compreender melhor o conteúdo que está sendo discutido.	1	2	3	4	5
4) Penso que se não houvesse atividades experimentais poderiam aproveitar melhor o tempo de aula.	1	2	3	4	5
5) As aulas com atividades experimentais me permitem uma melhor participação.	1	2	3	4	5
As atividades experimentais são longas.	1	2	3	4	5
6) Pouco lembro das atividades experimentais realizadas no ano passado.	1	2	3	4	5
7) Lembro das atividades experimentais realizadas anteriormente mas não me recordo sobre o assunto a que elas se referiam.	1	2	3	4	5
8) Após o término do capítulo estudado, consigo associar as experiências realizadas com o conteúdo ensinado em sala.	1	2	3	4	5
9) As atividades experimentais são monótonas e pouco acrescentam à aula.	1	2	3	4	5
10) As aulas experimentais me chamam a atenção, mas as discussões que se seguem a elas são cansativas e enfadonhas.					
11) Prefiro quando o professor responde prontamente à pergunta de um colega a	1	2	3	4	5

ele “devolver” a pergunta para a classe.					
12) As aulas deveriam ser conduzidas somente pelo professor, sem a participação dos alunos.	1	2	3	4	5
13) Gostaria que o professor respondesse mais diretamente às dúvidas, ao invés de promover discussões sobre elas.	1	2	3	4	5
14) As repostas apresentadas pelo professor às minhas perguntas me satisfazem.	1	2	3	4	5
15) Aprendo mais quando as discussões das dúvidas são coletivizadas.	1	2	3	4	5
16) Durante as aulas tenho oportunidade de perguntar sobre minhas dúvidas ou expressar meu entendimento sobre o conteúdo que está sendo tratado.	1	2	3	4	5
17) O “clima” de sala de aula não me permite formular perguntas.	1	2	3	4	5
18) Quando exponho uma questão (elaboro uma pergunta ou faço uma observação) ela é aproveitada pelo professor para “alimentar” as discussões.	1	2	3	4	5
19) Prefiro perguntar ao professor em particular a perguntar na presença de outros colegas.	1	2	3	4	5
20) Quando um aluno elabora uma pergunta, ela não é socializada em sala para que os outros alunos pensem sobre ela.	1	2	3	4	5
21) Quando um aluno elabora uma pergunta, ela é prontamente respondida pelo professor.	1	2	3	4	5
22) Usualmente presto atenção à pergunta elaborada por outro colega.	1	2	3	4	5
23) Quando um colega elabora uma pergunta e sei a resposta, eu me prontifico a responder a ela.	1	2	3	4	5
24) Frequentemente tenho perguntas a fazer (mesmo que não as faça) em sala de aula.	1	2	3	4	5
25) Frequentemente faço perguntas em sala.	1	2	3	4	5

## Questão aberta

27) Uma imagem é produzida por raios luminosos que refletem em um espelho côncavo e é projetada em uma tela. Uma pessoa bloqueia a metade superior do espelho com a mão.

A) O que acontece com a imagem agora formada?

B) Justifique a resposta dada no item A.

## Modelo 2

Mestrando: Francisco Pazzini Couto

Orientador: Orlando Aguiar Júnior

Caro aluno,

Estamos realizando uma pesquisa que servirá de subsídio para estudar alguns elementos sobre atividades experimentais realizadas em sala de aula por professores de Física. O propósito deste pequeno questionário é melhor averiguar tópicos que não são possíveis de registrar com as observações já feitas. **Não é necessário se identificar.** O questionário em questão é relativo às aulas do no ano de **2008**, quando vocês estavam cursando a **2ª série** do ensino médio.

Você deve marcar uma letra “X” em um dos números (1, 2, 3, 4 ou 5). Os números representam as seguintes respostas:

1. Discordo fortemente	2. Discordo	3. Não sei	4. Concordo	5. Concordo fortemente
------------------------	-------------	------------	-------------	------------------------

Ítems						
1)	Gosto das atividades experimentais apresentadas em sala.	1	2	3	4	5

2) O número de atividades experimentais presentes na aula de física poderia ser menor.	1	2	3	4	5
3) As aulas com atividades experimentais me permitem compreender melhor o conteúdo que está sendo discutido.	1	2	3	4	5
4) Penso que se não houvesse atividades experimentais poderiam aproveitar melhor o tempo de aula.	1	2	3	4	5
5) As aulas com atividades experimentais me permitem uma melhor participação.	1	2	3	4	5
6) As atividades experimentais são longas.	1	2	3	4	5
7) Pouco me lembro das atividades experimentais realizadas em 2008.	1	2	3	4	5
8) Lembro das atividades experimentais realizadas anteriormente mas não me recordo sobre o assunto a que elas se referiam.	1	2	3	4	5
9) Após o término do tópico estudado, consigo associar as experiências realizadas com o conteúdo ensinado em sala.	1	2	3	4	5
10) As atividades experimentais são monótonas e pouco acrescenta à aula.	1	2	3	4	5
11) As aulas experimentais me chamam a atenção, mas as discussões que se seguem a elas são cansativas.					
12) Prefiro quando o professor responde prontamente à pergunta de um colega ao invés de “devolver” a pergunta para a classe.	1	2	3	4	5

<b>13) As aulas deveriam ser conduzidas somente pelo professor, sem a participação dos alunos.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
14) Gostaria que o professor respondesse mais diretamente às dúvidas, ao invés de promover discussões sobre elas.	1	2	3	4	5
15) As repostas apresentadas pelo professor às minhas perguntas me satisfazem.	1	2	3	4	5
16) Aprendo mais quando as discussões das dúvidas são divididas com outros colegas da turma.	1	2	3	4	5
17) Durante as aulas tenho oportunidade de perguntar sobre minhas dúvidas ou expressar meu entendimento sobre o conteúdo que está sendo tratado.	1	2	3	4	5
18) O “clima” de sala de aula não me permite formular perguntas.	1	2	3	4	5
19) Quando exponho uma questão (elaboro uma pergunta ou faço uma observação) ela é aproveitada pelo professor para “alimentar” as discussões.	1	2	3	4	5
20) Prefiro perguntar ao professor em particular ao invés de perguntar na presença de outros colegas.	1	2	3	4	5
21) Quando um aluno elabora uma pergunta, ela não é socializada em sala para que os outros alunos pensem sobre ela.	1	2	3	4	5
22) Quando um aluno elabora uma pergunta, ela é prontamente respondida pelo professor.	1	2	3	4	5

23) Usualmente presto atenção à pergunta elaborada por outro colega.	1	2	3	4	5
24) Quando um colega elabora uma pergunta e sei a resposta, eu me prontifico a responder a ela.	1	2	3	4	5
25) Frequentemente tenho perguntas a fazer (mesmo que não as faça) em sala de aula.	1	2	3	4	5
26) Frequentemente faço perguntas em sala.	1	2	3	4	5

## Questão aberta

27) Ano passado, em 2008, várias experiências foram realizadas durante as aulas.

A) Você se recorda de alguma atividade que mais lhe chamou a atenção? Em caso afirmativo, descreva-a.

B) O que a atividade pretendia demonstrar ou qual era o objetivo da atividade?

### Anexo 3. Mapa de eventos das aulas do professor Pedro

- Mapa de eventos aula 1 Prof. Pedro

Episódio/sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Retomada da aula anterior	00:00 – 08:00			O professor vai de carteira em carteira olhando os alunos que fizeram os exercícios	Mostram os exercícios ao professor	
Cópia do exercício no quadro	00:54 – 03:42			O professor reproduz os desenhos dos alunos no quadro.	Os alunos conversam entre si (muito intensamente)	Diagramas no quadro.
Correção dos exercícios	03:42 – 06:05	Trajectoria dos raios luminosos	I <sub>ESC</sub>		Os alunos escolhem as opções que julgam correta.	Diagramas no quadro.
Simulação da situação representada pelo exercício	06:05 – 07:01		I – R - A	O professor dirige-se a um aluno para questioná-lo sobre o problema	Os outros alunos estão atentos à explicação do professor	Encenação do contexto do exercício
A aluna explica a sua resposta	07:01 – 07:38			O prof. Escuta a resposta da aluna	Uma aluna (Natália) explica como raciocinou para resolver a questão	
O professor explica a explicação	07:38 – 08:48		I <sub>PROC</sub>	O prof. para toda a sala, explicita a teoria que está por detrás da resposta da aluna		
Inversão da pergunta	08:48 – 10:25		I <sub>ESC</sub>	O prof. Inverte a pergunta proposta pelo problema e deixa os alunos discutirem	Os alunos discutem a nova situação introduzida.	“Experiência mental?”
Exemplo do Show	10:25 – 11:01			O professor passa a palavra à aluna para ela	Uma aluna exemplifica o problema com uma situação	

				apresentar o exemplo.	real (iluminação em show)	
Condições para se “ver um objeto”.	11:01 – 16:18		I <sub>PROC.</sub> – A - ... (como se relacionam?)	O professor sintetiza as condições necessárias para um objeto ser visto, elaborando perguntas aos alunos.	Os alunos participam da elaboração da resposta das condições necessárias para se ver um objeto	Texto no quadro negro e diagramas de trajetória da luz
Dois voluntários ...	16:18 – 24:00	Leis da reflexão		O professor conduz duas alunas a verificarem experimentalmente as leis da reflexão, primeiro a trajetória do raio luminoso.	Duas alunas participam ativamente da montagem e os outros participam da discussão.	Espelho plano e duas alunas e barbante
“Vamos lá pessoal, o que vocês me dizem ...”	24:00 – 26:10	2ª lei da reflexão		O prof. orienta as alunas, a diferentes distâncias do espelho plano.	Duas alunas participam da montagem e as outras participam das discussões.	Espelho Plano, barbante.
“Observem esse papel...”	26:10 - 28:30	1ª Lei da reflexão		O prof. orienta as alunas, mudando o ângulo formado pelo plano dos 2 barbantes.	Duas alunas participam da montagem e as outras participam das discussões.	Espelho Plano, barbante, folha de cartolina
“Vamos sintetizar ...”	28:30 – 33:18			O prof. reproduz o caminho dos raios luminosos no ar, simulando a experiência realizada e transcreve no quadro		Quadro negro e diagramas, cadeira

- Mapa de eventos aula 2 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Retomada da aula		Reflexão da luz		O professor desenha no quadro figuras de espelhos planos e alguns objetos		quadro
Sobre a visão dos bebês ... “a gente nasce com a capacidade de detectar luz, mas interpretar aquilo que se vê é uma função apre(e)ndida pelo cérebro”.	00:00 a 06:00	Percepção da profundidade	l <sub>ESC</sub> – cadeira aberta	Representa uma experiência feita com crianças e mesas de vidro com objetos que prendem sua atenção.	Discutem o prof. sobre a forma com que as crianças aprendem a enxergar.	Mesas e simulação de situações em que um bebe se move.
Por que que eu estou falando disso...	06:00 a 12:30	Como enxergamos os objetos	Interativa lprocesso	O professor utiliza um pedaço de giz para mostrar como os feixes divergentes chegam até o olho e são interpretados.	Discutem com o professor sobre os feixes que saem dos objetos e chegam até nossos olhos.	Desenhos no quadro e uso de objetos (como pedaços de giz). Sobre na cadeira para interagir com o desenho que encontra-se no quadro.
Entenderam? ...	12:30 a 15:15	Formação de imagens nos espelhos planos		Repete a explicação para um aluno que ainda não compreendeu bem a formação de imagens nos espelhos planos		Desenhos e interação do seu corpo com os desenhos.
E quando coloca ...	15:15 a 16:05	Formação de imagens		Utiliza dos diagramas já construídos para	Uma aluna pergunta sobre o uso de 2 espelhos planos.	

				referendar a resposta dada à aluna.		
	16:05 a 18:31	Formação de infinitas imagens	Não-dialógico e de autoridade	Utiliza da reflexão múltipla para responder à dúvida de uma aluna.		
	18:31 a 19:20	Formação de imagens em espelhos não-planos		Comenta sobre os espelhos não-planos dos parques de diversão		
	19:20 a 21:55			Passa aos alunos as instruções para a construção de imagens pelos alunos, utilizando barbantes		Desenhos no quadro e barbantes
Pessoal! Da posição em que ...	21:55 a 24:28	Campo visual e reversibilidade e dos raios luminosos	Produto Interativa	O prof. coloca um espelho plano na vertical e pede aos alunos para descreverem o que conseguem ver.	Os alunos respondem às perguntas do professor.	Espelhos planos
o que é que eu quero agora nesse exercício	24:28 a 26:00	Reta normal		O professor explica como será a atividade que os alunos deverão fazer		Desenhos
Posso apagar o desenho?	26:00 a 33:00			Escreve no quadro uma síntese das discussões da aula.		

• **Mapa de eventos aula 3 e 4 prof. Pedro (duas aulas seguidas)**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
	00:00 a 07:00		Não-interativo	Passa exercício no quadro para os alunos copiarem e fazerem em sala.	Copiam os exercícios e os desenhos do quadro	Desenhos no quadro
Todo mundo entendeu o que é para fazer?	07:00 a 08:31		Não-interativo	Explica para os alunos o que eles devem fazer para resolver os exercícios. Recorda o conceito de reta normal. Faz um exercício de modelo.	Copiam os exercícios e os desenhos do quadro	Desenhos no quadro e espelho
Não entendeu?	08:31 a 09:41	Conceito de reta normal	Não-interativo	Explica novamente para uma aluna o conceito de reta normal	Copiam os exercícios e os desenhos do quadro	Desenhos no quadro e espelho
(gestão de classe)	09:41 a 10:30			Atende a um aluno de outra sala		
Eu agora vou colocar espelhos que são compostos por mais de um espelho ...	10:30 a 25:00	Espelhos esféricos	Não-interativo	Desenha no quadro os mesmos espelhos planos anteriores, mas agora os desenhos são “unidos” nas extremidades, formando um quase-espelho côncavo e convexo (o desenho lembra a quadratura do círculo). Passa pelas carteiras dos alunos para verificar se os desenhos estão bem feitos.	Os alunos tem dificuldade em entender que são os mesmos desenhos de antes, só que agora eles estão ligados. A maior parte deles somente faz a atividade quando o professor chega até sua carteira.	Desenhos no quadro e espelho
Gestão de sala	25:00 a 26:00		Não-interativo	Realiza a chamada		

				novamente		
	26:00 a 29:15		Não-interativo	Refaz os desenhos da aula anterior e chama a atenção dos alunos que não estão terminando o desenho		
	29:15 a 43:40			Passa pelas carteiras auxiliando os alunos na resolução da atividade	Poucos alunos efetivamente fazem a atividade.	

- Mapa de eventos aula 5 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Eu quero saber por que	00:00 a 03:20	Espelhos esféricos		Distribui colheres para os alunos observarem suas imagens nas duas superfícies	Observam a imagem, giram a colher.	Colheres de metal
(gestão de classe)	03:20 a 04:30			Realiza a chamada enquanto os alunos continuam com as colheres		
Ô Petrônio, tem a ver com o formato da colher?	04:50 a 06:50		Dialógico Interativo		Os alunos elaboram várias alternativas.	
Então deixa eu provocar um pouco mais ....	06:50 a 17:30		Interativo IRFRF ... (aberta)	Entrega outros espelhos aos alunos, como espelhos de retrovisor de moto e um de maquilagem. Não responde às perguntas dos alunos de forma completa	Aluna da frente busca insistentemente uma explicação. Os alunos passam os espelhos, uns para os outros.	Espelhos de maquilagem
Então vamos pensar porque ...	17:30 a 21:49		Interativo	Chama uma aluna para ajudá-lo a montar uma “cuba” para visualizar a trajetória da luz. Escurece a sala. Discute como mostrar a trajetória da luz.		Incenso, laser, garrafa pet cortada, colher, espelho
Observem do que acontece quando ...	21:49 a 22:55		I escolha	Coloca a colher na parte interna da garrafa pet (que contem fumaça de incenso) e lança a luz	Respondem às perguntas do professor	

				laser sobre as partes superior e inferior das duas superfícies da colher.		
Então vem a pergunta que é a seguinte ...	22:55 a 25:00		lprocesso	Questiona os alunos sobre o porquê da imagem na colher apresentar as características que eles observaram.	Praticamente somente uma aluna discute com o professor.	
Vamos para a segunda parte da atividade de hoje ...	25:00 a 33:00		Não-interativo	Representa no quadro os elementos dos espelhos esféricos – côncavos e convexos.		Anotações no quadro

- Mapa de eventos aula 6 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de classe	00:00 a 02:00			Escreve no quadro informações sobre a prova		
Na última aula ...	02:00 a 16:20	Espelhos esféricos	Não-interativo	Desenha no quadro um espelho côncavo e apresenta seus elementos principais. Desenha os raios paralelos ao eixo, refletindo e passando pelo foco. Espera muito tempo para os alunos copiarem.	Copiam do quadro os desenhos.	Desenhos no quadro.
Nós tínhamos visto que ...	16:20 a 19:53	Espelhos esféricos		Mostra no quadro como desenhar o Centro de curvatura e o foco de um espelho esférico com os raios principais.	Copiam do quadro os desenhos.	Desenhos - barbante
Por que nós enxergamos de cabeça para baixo na colher?	19:53 a 21:40	Espelhos côncavos	lprocesso IRA	Discute com os alunos como é o processo de formação de imagens na parte côncava da colher.		Desenhos - barbante
Então vamos dar uma olhada nesse caso ...	21:40 a 21:35	Espelhos convexos	lproduto (refletidos como?)	Discute com os alunos como são os raios incidentes no espelho convexo.		Desenhos - barbante
Pergunto a vocês uma coisa...	21:35 a 29:30	Espelhos convexos	lproduto (como a gente se vê?) Dialogico	Como é formada a imagem no espelho convexo? Como eu me vejo?	Os alunos procuram responder à pergunta apresentada pelo professor. Vários alunos participam da	Desenhos e recordação de atividades anteriores.

					discussão.	
--	--	--	--	--	------------	--

- **Mapa de eventos aula 7 prof. Pedro**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
	00:00 a 01:50	Gestão de classe		Realiza a chamada e responde a algumas dúvidas dos alunos	Fazem perguntas associadas à data de prova.	
Exercício em sala	01:50 a 22:30	Exercícios avaliativos		Passa exercícios no quadro sobre transferência de calor. Explica verbalmente como o exercício deve ser feito.	Copiam os exercícios que estão no quadro. Depois levam os exercícios para o professor dar um "visto".	Quadro

- Mapa de eventos aula 8 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Chamada	00:00 a 07:10	Gestão de sala		Realiza a chamada dos alunos e dita as notas da etapa e faz comentários sobre o desempenho de alguns alunos.		
A caloria dos alimentos	07:10 a 09:00		Não-interativo	Retoma a aula anterior (sobre a definição de caloria)		Desenho no quadro
Cream-Craker	09:00 a 13:26	Conteúdo calórico dos alimentos	lproduto	Desenha um biscoito queimando e aquecendo um recipiente com água para medir a quant. de calor liberado.	Respondem às regras de 3 propostas pelo prof. para encontrar a quant. de energia liberada pelo biscoito.	
E nas frutas?	13:26 a 14:12	Conteúdo calórico dos alimentos	IRA		Uma aluna elabora perguntas sobre como determinar o conteúdo calórico em frutas.	
Capacidade térmica	14:12 a 22:15	Capacidade térmica	lproduto IRA	Desenha no quadro um objeto no qual são fornecidos: $Q$ , $\Delta t$ e $m$ . O prof. pede a conta que deve ser feita para encontrar o valor de $Q$ para aumentar cada $^{\circ}\text{C}$ . Depois formaliza o conceito no quadro.	Respondem à pergunta feita pelo professor e copiam o texto do quadro.	Desenho no quadro
Calor específico	22:15 a 27:30	Calor específico	lproduto (ao perguntar quantas calorias cada grama deve	Utiliza o mesmo desenho anterior, só que agora ele divide o bloco de 20g em 20 pedaços iguais para	Respondem à pergunta feita pelo professor e copiam o texto do quadro.	

			receber). lescolha (ao perguntar que conta eu faço)	mostrar quantas calorias cada grama absorve para elevar em 1°C. O prof. precisa explicar várias vezes o que ele quer.		
--	--	--	--	---	--	--

- Mapa de eventos aulas 9 e 10 prof. Pedro (duas aulas)

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de sala	00:00 a 02:12				Regulam o ventilador	
A propagação	02:12 a 04:42	Ondas	lproduto IRFRFRA.	Explica aos alunos que a enquete realizada mostrou que o conteúdo a ser estudado será Ondas e Som. Inicia discutindo com os alunos o que significa a palavra <i>propagação</i> e <i>espalhamento</i> .	Respondem à pergunta do professor, associando propagação à transferência.	
Gestão de sala	04:42 a 05:04			Fala sobre a forma de distribuição de pontos.		
Sobre o movimento ondulatório	05:04 a 24:55 (fim da primeira aula)	Ondas	Não-interativo	No quadro, desenha um lago e uma pessoa atirando uma pedra no meio dele. Escreve um texto sobre o Movimento Ondulatório. Em 19:40 apresenta uma explicação sobre a diferença do uso do travessão na frase e do parêntesis, devido à pergunta de um aluno.	Copiam o que está escrito no quadro.	Texto e desenhos no quadro.
Gestão de sala	24:55 a 30:20		Não-interativo	Realiza a chamada do 2º horário.		
	30:20 a 34:50		Não-interativo	Continua a passar no quadro o conteúdo da matéria de ondas: tipos de propagação	Copiam o que está escrito no quadro.	Quadro

Molas no corredor	34:50 a 47:00	Elementos de uma onda	Interativo. Iproduto	Conduz os alunos para o corredor da escola. Estica a mola no corredor. Elabora algumas perguntas para o aluno que o ajuda a segurar a mola.	Ficam ao lado da mola ao longo do corredor. Os alunos participam da atividade auxiliando ao aluno que está segurando a mola à elaborar as respostas ao que o professor pede.	Molas slink
	47:00 a 49:22	Elementos de uma onda	Não-interativo	Representa no quadro os elementos que foram discutidos no corredor.		Desenho no quadro

- **Mapa de eventos aulas 11 e 12 prof. Pedro (duas aulas)**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
Gestão de sala	00:00 a 12:00			Realiza a chamada e passa de carteira em carteira verificando os exercícios feitos pelos alunos.		
Correção de exercícios	12:00 a 20:30	Exercícios	Interativo lprocesso	Realiza a correção dos exercícios no quadro	Respondem às perguntas que o professor elabora durante a correção do exercício.	Quadro
Relação f e T	20:30 a 29:43	Frequência e Período	Não-interativo	Formaliza no quadro a relação período e frequência obtida durante os exercícios corrigidos	Copiam o texto do quadro.	
Gestão de sala	29:50 a 31:35		Não-interativo	Explica a alteração de horário naquele dia		
Exercícios	31:35 a 37:39		Não-interativo	Passa exercícios no quadro para os alunos copiarem	Copiam o texto do quadro.	Quadro
Gestão de sala	37:39 a 39:40	Chamada		Realiza a chamada do 2º horário		
Gestão de sala	39:40 a 42:38			O prof. atende outro professor fora da sala de aula.	Copiam o texto do quadro.	
	42:38 a 46:26			Aguarda os alunos terminem a cópia e a execução dos exercícios	Copiam o texto do quadro e fazem os exercícios.	
Correção	46:26 a 53:00	Exercícios	lprocesso	Corrige os exercícios que passou no quadro. Elabora perguntas para os alunos irem	Participam da discussão da solução do problema.	Utiliza muito recurso de mímica para prender a atenção dos alunos.

				participando da solução do problema. Pede a explicação das respostas apresentadas.		
--	--	--	--	--	--	--

- Mapa de eventos aula 13 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
	00:00 a 04:50	Tipos de ondas	Não-interativo	Desenha no quadro uma onda longitudinal com seus elementos	Copiam o texto do quadro	Desenho
Gestão de sala	04:50 a 07:45	Chamada		Realiza a chamada dos alunos		Mímicas e desenhos
Fila de cantina	07:45 a 10:52	Onda Longitudinal	Não-interativo	Explica o que é uma onda longitudinal utilizando exemplo de uma fila de cantina.		
Banhos	10:52 a 14:44	Equação de onda - frequência	Escolha processo Interativo	Discute os elementos necessários para elaborar a equação de onda: frequência	Respondem às perguntas do professor e completam os enunciados de outros alunos.	
Relógios	14:44 a 16:05	Equação de onda - período	processo Interativo IRA	Discute os elementos necessários para elaborar a equação de onda: período. Apresenta vários exemplos de período para os alunos responderem.	Respondem às perguntas do professor	
No quadro	16:05 a 27:44	Equação de onda	Não-interativo	Formaliza no quadro as conclusões das discussões anteriormente feitas.	Copiam o texto do quadro	Quadro e desenhos

- Mapa de eventos aula 14 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de sala	00:00 a 07:42	Chamada dos alunos		Realiza a chamada dos alunos – os alunos demoram a entrar em sala		
Exercício	07:42 a 13:15		Não interativo	Passa no quadro exercícios relativos à período e frequência.	Copiam o exercício do quadro	Quadro
Exercício	13:15 a 18:39	Exercícios	Interativo	Anda pelas carteiras tirando as dúvidas dos alunos sobre o exercício marcado.	Resolvem, com ou sem a ajuda do professor os exercícios.	
	18:40 a 20:50	Período e frequência	Não interativo	Utiliza um pendulo para simular a situação do problema.		Pendolo simulando a gangorra do exercício.
	20:50 a 27:00			Acompanha a resolução dos exercícios na carteira. Trabalha com o diário de classe.	Continuam a resolução dos exercícios.	

- **Mapa de eventos aula 15 prof. Pedro**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
	00:00 a 10:48		Não-interativo	Passa de carteira em carteira anotando os alunos que fizeram os exercícios da aula passada.	Fazem os exercícios da aula anterior	
	10:48 a 20:10	Frequência e período	lprocesso	Corrige no quadro o exercício passado na aula anterior. Utiliza muito a regra de 3.	Procuram responder ao professor sobre o conceito de frequência, mas têm muita dificuldade.	Quadro
	20:10 a 23:00	Frequência e período		Faz uma observação da relação entre período e frequência.	Copiam o texto do quadro	quadro

- **Mapa de eventos aula 16 prof. Pedro**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
	00:00 a 03:20	Gestão de sala		Aguarda a entrada dos alunos. Retoma a aula anterior.		
	03:20 a 23:30	Exercícios		Passa nas carteiras ajudando os alunos a resolverem exercícios.		
	23:30 a 26:34	Gestão de sala		Faz a chamada		
	26:34 a 41:00			Passa pelas carteiras anotando os alunos que fizeram os exercícios.		Muitos movimentos de braço para simular a formação de ondas.

				Continua a explicar a diferença de período e frequência para alguns alunos.		
--	--	--	--	---	--	--

- **Mapa de eventos aulas 17 e 18 prof. Pedro (duas aulas)**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
	00:00 a 03:30	Ondas	Não-interativo	Inicia a aula fazendo um desenho no quadro de uma pessoa sacudindo uma corda na qual apresenta a informação do comprimento de onda e da frequência.		Desenho no quadro
	03:30 a 09:10	Gestão de sala	Não-interativo	Anota no diário de classe o nome dos alunos que apresentaram os exercícios da aula passada prontos.		
	09:10 a 11:37	Velocidade de uma onda	Interativo lproduto (?) “o que significa dizer que a frequência na corda é de 3 hertz?”	Reexplica o exercício que está no quadro. Quer encontrar a velocidade de propagação da onda. Resolve o problema primeiramente só com as definições dadas, sem utilizar relações matemáticas.	Diferentes alunos tentam elaborar respostas às perguntas feitas pelo professor.	Mímicas e desenho no quadro.
	11:37 a 14:53			Formaliza no quadro as discussões sobre como encontrar a velocidade de	Copiam o texto do quadro	Texto no quadro

				uma onda.		
Cuíca	14:53 a 17:15	Tensão e Som	Não-interativo	Utiliza uma lata com um barbante amarrado no meio dela. Deseja mostrar a relação entre som e onda. Deseja que os alunos percebam se os sons produzidos são graves ou agudos.		Lata de Nescau e barbante
Cuíca 2	17:15 a 19:25	Tensão e som	Interativo lescolha	Com a ajuda de uma aluna, muda o comprimento da corda (tensão constante) e pede aos alunos para perceber as diferenças do som.	Acompanham atentamente a atividade e discutem a tipo de som produzido.	Lata de Nescau e barbante
Cuíca 3	19:25 a 23:40	Tensão e som	Interativo lescolha	Modifica agora a tensão da corda (mantendo o comprimento fixo)	Existe uma grande discordância entre as respostas dos alunos.	Lata de Nescau e barbante
Cuíca 4	23:40 a 26:10 (fim da 1ª aula)	Tensão e som	Interativo lescolha	Pede aos alunos para observarem a com o tipo de som	Respondem com facilidade às perguntas do professor.	Lata de Nescau e barbante
Garrafas 1	26:14 a 28:59	Gestão de sala	Não-interativo	Pede aos alunos para formarem 5 grupos de 5 alunos cada.		
Garrafas 2	28:59 a 36:00			Distribui as garrafas para os alunos e explica como os alunos devem encher as garrafas com água.	Pegam as garrafas e voltam para seus grupos. Saem de sala para encher as garrafas.	Garrafas com água
Garrafas 3	36:00 a 37:20		Não interativo	Explica o que fazer com as garrafas cheias d'água. Pede para os alunos relacionarem o som produzido com a garrafa e a lata. Depois		Garrafas com água

				os alunos deverão soprar a garrafa pelo gargalo e novamente comparar os sons produzidos.		
Garrafas 4	37:20 a 42:20	Instrumentos de sons.	Interativo (entre os alunos)		Começam a atividade e discutem entre si as possíveis respostas.	Garrafas com água
Flauta	42:20 a 54:00	Instrumentos de sons	Escolha processo (relacione ...)	O professor procura retomar a experiência da lata para averiguar a relação tanto ao bater quanto ao soprar. Termina falando do violão e da harpa.	Alguns alunos participam das discussões.	Lata, barbante e garrafas com água. Flauta. Desenhos no quadro.

- Mapa de eventos aula 19 prof. Pedro

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
	00:00 a 01:50	Gestão de sala		Realiza a chamada dos alunos		
	01:50 a 16:22			Passa no quadro um exercício e caminha entre as carteiras auxiliando os alunos.	Copiam a atividade do quadro	Quadro
	16:22 a 20:17			Anota no diário os alunos que fizeram o exercício marcado no quadro.	Fazem o exercícios	
	20:17 a 24:25		lprocesso (o que significa dizer que ...) lproduto	Inicia a resolução do exercício	Respondem às perguntas do professor ao resolver o exercício	Mímica
	24:25 a 31:29			Volta a andar com o diário para anotar os alunos que fizeram o exercício marcado no quadro.		

- Mapa de eventos aula 20 e 21 prof. Pedro (duas aulas)

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Chamada	00:00 a 02:00	Gestão de sala		Realiza a chamada dos alunos		
Grupos	02:00 a 06:00		Não interativo	Pede aos alunos para formarem 4 grupos para trabalharem com molas. Explica como serão as duas aulas.		
Molas 1	06:00 a 09:15	Velocidade de uma onda	Não interativo	Explica aos alunos os tipos de molas que receberão e o que deverão fazer: observar a velocidade de propagação da onda na mola.		Molas slinks
Molas 2	09:15 a 24:40 (fim do 1ª aula)	Velocidade de uma onda	Não interativo	Volta a perguntar de que depende a velocidade de propagação da mola: de esticar menos, de esticar mais. ...	Os alunos, no chão, montam os grupos e começam a fazer a atividade pedida pelo professor.	Molas slink de plástico e de metal.
	24:40 a 28:37	Gestão de sala	Não interativo	Realiza a chamada para a 2ª aula.		
Molas 3	28:37 a 30:40			Distribuí as molas slink para os alunos, pede para que eles marquem uma distância fixa e produzam diferentes modos de "vibração normal".		
Molas 4	30:40 a 52:00			Pede aos alunos para manterem a distancia fixa	Os alunos trabalham no chão com atividade proposta	Molas slink

				e alterar a tensão na mola.	pelo professor.	

- **Mapa de eventos aula 22 prof. Pedro**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
	00:00 a 16:50	Ondas	Não-interativo	Resume no quadro os resultados da atividade com molas slink realizadas pelos alunos.	Copiam o resumo no quadro	Quadro
	16:50 a 19:45	Chamada		Realiza a chamada da turma		
	19:45 a 41:00	Correção		Passa pelas carteiras ajudando os alunos a resolverem o exercício e anota os que já fizeram.	Fazem os exercícios e alguns tiram dúvidas com o prof.	Mola slink

- Mapa de eventos aula 23 e 24 prof. Pedro (duas aulas)

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
	00:00 a 04:50	Gestão de sala		Chegada da turma à sala e chamada dos alunos presentes.		
	04:50 a 19:00		Não-interativo	Passou nas carteiras vendo os exercícios feitos da aula passada.		
	19:00 a 24:30	Correção		Discute a resolução dos exercícios com os alunos.	Uma aluna dita o problema para o professor.	Mímica, desenhos no quadro.
	24:30 a 35:53 (fim da primeira aula)	Equação de onda		Escreve no quadro a relação entre $v$ , $\lambda$ e $f$ .		Texto no quadro
	35:53 a			Continua a escrever o texto sobre a equação de onda, mostrando a diferença entre a equação e a função.	Copiam o texto do quadro.	Desenhos no quadro.

#### Anexo 4. Mapa de eventos das aulas do professor Beto

- Mapa de eventos do aula 1 prof. Beto

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Questão da UFMG 1	00:00 a 05:18	Relatividade	lecolha	O prof. mostra aos alunos uma questão da prova de vestibular sobre relatividade. O prof. lê o problema.	Respondem às perguntas do professor.	Slides em PowerPoint
Questão da UFMG 2	05:18 a 11:28	Relatividade	Interativo. lprocesso (quais são as informações essenciais no texto da questão?) lecolha	Pede a um dos alunos para ler o texto da questão que está sendo projetada.	Uma aluna lê a questão. Respondem às questões dos alunos.	Slides em PowerPoint
Gestão de classe	11:28 a 17:00	Sobre o simulado		O professor responde a uma pergunta da aluna sobre a prova de simulado.		
Átomo de hidrogênio	17:00 a 32:20	Átomo de Bohr	Interativa lecolha (você sabe interpretar esse gráfico?) lproduto	Pede a um dos alunos para ler o texto da questão que está sendo projetada. Discute o exercício e as perguntas dos alunos.	Uma aluna lê a questão. Respondem às questões dos alunos. Vários alunos fazem perguntas.	Slides em PowerPoint e anotações no quadro.
Efeito fotoelétrico	32:20 a 38:50	Efeito fotoelétrico	Interativo	Recorda com os alunos o efeito fotoelétrico		
Gestão de classe	38:50 a 39:50	simulado		Responde a perguntas sobre a prova de		

				simulado		
Termos da óptica	39:50 a 43:50	Óptica	Interativo Produto (o que você lembra sobre ...)	Faz um breve <i>brainstorm</i> sobre a que os alunos associam o termo óptica.	Os alunos respondem, associando o termo óptica a várias situações: óculos, lentes, telescópios, enantiômeros, ...	Slides do PowerPoint

- Mapa de eventos do aula 2 prof. Beto

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de sala	00:00 a 02:00			Prepara a sala, arrumando as montagens que serão utilizadas, testa o microfone. Recorda o que foi feito na aula passada.	Chegam à sala, fazem perguntas sobre provas	
	02:00 a 08:00	Introdução à óptica	Pouco interativo Produto (que fenômeno pode ser explicado por ...)	Faz uma introdução ao estudo da óptica.		Slides do PowerPoint
	08:00 a 12:30	Feixes luminosos		Produz um feixe luminoso paralelo e com diversas lentes e espelhos, produz feixes convergentes e divergentes e depois mostra os desenhos que representam os diferentes tipos de feixes: paralelo, divergente ou		Slides do PowerPoint e montagem experimental

				convergente.		
Marília e Dirceu	12:30 a 14:50	Objetos opacos, translúcidos e transparentes	l processo (como vocês conseguem me ver?)	O prof. apresenta a questão da Marília e Dirceu sobre como enxergamos os objetos. Destaca, mais de uma vez como os gregos imaginavam o processo da visão.		

• **Mapa de eventos do aula 3 prof. Beto**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
Gestão de sala de aula	00:00 a 03:20					
Sombra	03:20 a 08:30	Sombra e penumbra	Interativa l produto l escolha l	Recorda a aula de ontem e inicia o conteúdo. Faz uma atividade experimental com 2 fontes de luz e uma esfera.	Uma aluna pede para mostrar como é a montagem experimental.	Slides e montagem experimental – lâmpada e bolas de isopor.
	08:30 a 10:46	Resolução de questão.		Utiliza os slides anteriores para discutir o problema apresentado.		Slides em PowerPoint
O que é o eclipse?	10:46 a 11:27	Propagação retilínea da luz	Interativo l escolha l processo (Alguém sabe explicar como ocorre o eclipse?)	Pergunta aos alunos sobre como ocorre a formação dos eclipses. Fala sobre as fases da Lua.	Vários alunos apresentam a resposta.	Slides
Fases da Lua	11:27 a 15:16	Fases da Lua	Interativo l processo (o que vocês podem	O prof. pergunta sobre a imagem dos planos de orbita da Terra e da Lua e	Os alunos respondem com muita dificuldade sobre esses planos.	Slides

			entender desse desenho?)	Terra e Sol.		
Eclípticas	15:16 a 16:16	Eclipse	l processo (quando a sombra da Lua tocar a Terra, o que vai acontecer?)	O prof. formula uma pergunta, mas diante da dificuldade de os alunos responderem, ele mesmo conduz a resposta.		Slides
Eclipses	16:16 a 19:06		l? (quem está aqui desse lado da Terra vê o que do Sol?)	Os alunos pouco participam desse trecho		
Como observar os eclipses?	19:06 a 20:04	Eclipse	Interativo	O prof. discute como observar os eclipses utilizando os filtros corretos.	Os alunos querem saber o modo correto de observar o Sol.	Slides
Sobre a cor da Lua no eclipse	20:04 a 21:39		l escolha	O prof. apresenta o motivo da cor da Lua ficar avermelhada durante o eclipse.		Slides
Fotos de eclipses	21:39 a 24:45	Atmosfera solar		Informações sobre a atmosfera solar e de observatório.		Slides
	24:45 a 24:45	Informações gerais de astronomia		Informa aos alunos sobre os telescópios da Serra da Piedade e do Parque das Mangabeiras.	Uma aluna faz observação sobre o mistério associado às observações astronômicas.	Slides
Lambe-lambe	27:45 a 33:05	Câmara Escura	interativo	Descreve o funcionamento de uma pin-hole.		

Pin hole	33:05 a 36:53	Exercício	interativo o processo (o que acontece se fizermos um segundo orifício embaixo do primeiro)	Apresenta o problema dos dois orifícios na câmara escura – não dá importância a uma observação errada feita por um aluno e a técnica do pin hole.	Uma aluna responde certo e outro errado.	e desenhos no quadro
	36:53 a 39:00	Independência dos raios luminosos	Não-interativo	Mostra a propriedade da independência dos raios luminosos.		Slides
A calcinha ...	39:00 a 43:15	Reversibilidade dos raios luminosos	Não-interativo	O prof. apresenta uma experiência feita com laser em um aquário	Uma aluna pergunta sobre canhões de luz em shows.	

- **Mapa de eventos do aula 4 prof. Beto**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
Gestão de sala	00:00 a 07:26		Não-interativo	Passa para os alunos um trecho de um filme. Conversa com uma aluna fora da sala para resolver problemas de atraso e de livro.		projektor
Quem vai fazer psicologia?	07:26 a 09:05	Reflexão da luz	Interativo	O prof. faz uma relação do estudo do espelho plano com a psicologia.		slides
Por que o céu é escuro na Terra?	09:05 a 10:20		Interativo	Problematiza com os alunos a cor do céu na Lua e na Terra durante o dia e à noite.	Apresentam várias respostas às questões apresentadas.	slides
Por que não enxergamos o	10:20 a 14:55		Interativo	Explica sobre os cuidados que devemos ter com o	Acompanham a atividade e formulam algumas repostas	Montagem experimental: caneta

raio?				laser e do porque de não enxergarmos o feixe dele no ar. Seleciona a resposta desejada para dar sequência à aula. Apresenta uma aplicação prática sobre isso: poluição e telescópios.	que ajudam a conduzir a aula.	laser.
Por que o céu é azul?	14:55 a 15:28		Não-interativo	Apresenta a explicação (mais nominalista) do porque o céu é azul: Efeito Tyndall.	Perguntam por que o céu é azul.	
O que acontece se ...?	15:28 a 19:11	Transmissão da luz	Interativo IRFRFR... lprocesso(?) (o que acontece quando um raio de luz atinge uma placa de vidro, papel branco ou papel preto?) lescolha	O prof. instiga os alunos durante o início do episódio para que eles tentem fazer uma previsão.	Formulam várias respostas às perguntas do professor.	
Tá passando luz?	19:11 a 21:40	Transmissão da luz		Pergunta e quase responde ao mesmo tempo.	Participam pouco. Uma das alunas discordam (21:00)	Montagem experimental: fonte de luz, placas de vidro, papel branco e preto.
Resumo do que foi discutido.	21:40 a 24:19	Transmissão da luz	Interativo lescolha	Volta a utilizar os slides para apresentar um resumo teórico do que foi discutido.		Slides
Voltando à pergunta inicial (sobre o céu da Lua)	24:19 a 27:00	Transmissão/ Reflexão da luz		Volta a discutir sobre a cor do céu da Lua durante a noite. Resolve um exercício de vestibular com os alunos (com certa		Slide e quadro.

				dificuldade)		
Tem algo de comum nos dois?	27:00 a 33:57	Leis da Reflexão	Interativo Iproduto	Explica como é construído o disco graduado e sua utilização.	Completam as respostas da pergunta do professor.	Slides + laser, disco graduado e espelho plano
Vamos aplicar?	33:57 a 37:54	Leis da Reflexão	Iproduto (o que está pedindo o exercício?)	Pede a um aluno para ler um exercício do livro.		Slide
Agora vou voltar na pergunta que fiz para vocês..	37:54 a 41:11	Leis da Reflexão	Iproduto (O que tem em comum as duas reflexões?) Interativo	Volta a apresentar diagramas das reflexões especulares e difusas para verificar o que tem em comum nas duas imagens.	Um aluno responde a pergunta corretamente no início. Alunos perguntam como desenham a reta normal.	Slide
Raios em linha reta ...	41:11 a 45:46	Imagem no espelho plano.		Explica o modo com que o cérebro interpreta os raios luminosos caminhando em linha reta. Faz e responde ao mesmo tempo as perguntas. Projeta no quadro a imagem de um espelho, um objeto e um observador.	Pouco participam.	Slides

- Mapa de eventos do aula 5 prof. Beto

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de sala	00:00 a 21:45	Questões de prova		Discute com os alunos dúvidas sobre a		

				interpretação de uma questão da prova. Lê as notas da prova dos alunos. Discute sobre atrasos dos alunos após o intervalo.		
	21:45 a 27:20	Imagem no espelho plano	Não-interativo	Volta na discussão da formação da imagem por um espelho plano.		Slides
A pegadinha ...	27:20 a 29:13	Ângulo visual		Apresenta ideias relativas ao tamanho das imagens nos espelhos planos e do tamanho angular das imagens.		Slides
A ambulância	29:13 a 33:0	Reversibilidade das imagens	Não-interativo	Discute a reversão das imagens do espelho plano e simetria na ciência e nas artes.		Slides
	33:00 a 33:37	Imagens reais	Não-interativo	Discute sobre a natureza das imagens: reais e virtuais. Qual pode ser projetada?		Slides
	33:37 a 39:07	Reflexão da luz	Não-interativo	Pede aos alunos para fazerem um exercício projetado no quadro.	Resolvem um exercício projetado no quadro	Slides
	39:07 a 41:40	Correção do exercício	Interativo	Pede a um aluno para expressar o modo como resolveu o problema.	Um aluno vai ao quadro para resolver o exercício.	Slide e desenhos
Alguma outra colocação?	41:40 a 44:00		Interativo (produto (qual o nome desse ângulo?))	O prof. assume a resolução do exercício.	Os alunos participam (com dificuldade) da resolução dos exercícios.	Slide e desenhos
	44:00 a 45:17			Resolve as dúvidas de uma aluna	Uma aluna faz várias perguntas sobre o exercício	Slide e desenhos

					resolvido.	
	45:17 a 47:00	Imagens reais e virtuais.	Interativo	Projeta o quadro a imagem de uma letra F produzida por um espelho côncavo e depois tenta fazer o mesmo em um espelho convexo.	Uma aluna pergunta da diferença entre a natureza das duas imagens.	Montagem experimental com espelhos esféricos.

• Mapa de eventos do aula 6 prof. Beto

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de classe	00:00 a 03:33	Devolução das provas		O prof. devolve as provas para os alunos e os atende individualmente em suas carteiras.		
Gestão de classe – sobre a camisa da turma	03:33 a 04:42	Camisa			Uma aluna explica para o prof. como será a camisa que a turma fará.	
Gestão de sala	04:42 a 06:24			Devolve aos alunos as provas que foram revisadas.		
Gestão de sala	06:24 a 09:42			O prof. prepara a sala para iniciar a aula		
Correção de questão	09:48 a 13:13	Relatividade Restrita.	Interativo	O prof. começa a corrigir uma questão de vestibular.		Slides e desenhos
Sobre a linguagem	13:13 a 15:02		Interativo	O prof. faz observações sobre a linguagem cotidiana está sobressaindo em relação à linguagem científica nos textos das provas.	Uma aluna faz observações sobre a questão, o que gera algumas observações por parte do professor	
Correção de	15:02 a 17:00	Frenagem	Interativo	O prof. corrige no quadro		

questão		eletromagnética		a questão da prova		
Correção de questão	17:00 a 20:06	Forças que atuam em uma carga elétrica	Interativo	O prof. corrige no quadro a questão da prova. Elabora e responde a maior parte das perguntas. Discute sobre a dificuldade dos alunos entenderem figuras em 3 dimensões.	Quase não participam da correção da questão.	Slide e desenho
Correção de questão	20:06 a 21:47	Circuitos elétricos.		O prof. corrige no quadro a questão da prova	Quase não participam da correção da questão.	Slide e desenho
Correção de questão	21:47 a 23:15	Campo Magnético produzido por fios		O prof. corrige no quadro a questão da prova	Quase não participam da correção da questão.	Slide e desenho
Correção de questão	23:15 a 33:28	Função Trabalho	Interativo	O prof. corrige no quadro a questão da prova	Quase não participam da correção da questão.	Slide e desenho
Correção de questão	a	Modelo Atômico				
Correção de questão	33:28 a 37:50	Indução eletromagnética		O prof. corrige no quadro a questão da prova	Quase não participam da correção da questão.	Slide e desenho

- **Mapa de eventos do aula 7 prof. Beto**

<b>Episódio/ Sequências</b>	<b>Tempo inicial/tempo final (total)</b>	<b>Conteúdo temático</b>	<b>Padrões de interação</b>	<b>Ações do professor</b>	<b>Participação dos alunos</b>	<b>Recursos utilizados</b>
Gestão	00:00 a 05:10			Preparação do material para começar a aula.		
A ultrapassagem ...	05:10 a 08:08	Campo visual	Interativo	Descreve um caso particular para contextualizar o assunto.		
Quem pode ser	08:08 a 23:05	Campo	lecolha	Pede aos alunos para		Slide

visto?		visual		tentar resolver um problema de campo visual.		
Imagens no espelho	23:05 a 25:21	Espelhos esféricos	Interativa	Inicia o conteúdo mostrando a imagem da construção do espelho do Hubble.	A imagem gera muita dúvida e os alunos não a entendem.	slides
Onde temos espelhos esféricos?	25:21 a 27:15	Espelhos esféricos	lproduto (onde temos espelhos esféricos?)	O prof. pergunta onde podemos encontrar espelhos esféricos.	Os alunos respondem a várias situações do cotidiano.	Slides
Sobre o ensino mais pragmático	27:15 a 33:52		Interativo	Mostra para os alunos imagens de uma usina termoeliosolar na Espanha. Discute o foco dos espelhos parabólicos.	Os alunos levantam os prós e contra desse tipo de usina	Slides
Sobre os espelhos dos faróis	33:52 a 42:34	Elementos dos Espelhos esféricos	Interativo l escolha l produto	Explica o funcionamento dos faróis de carros. Utiliza a imagem da montagem experimental para apresentar os elementos do esp. esf. Pergunta e responde ao mesmo tempo.	Apresentam algumas dúvidas que são discutidas pela classe.	Slides e montagem experimental (feixes de luz incidente paralelo refletindo em uma superfície côncava e convexa/). Desenhos em cima da imagem.
Onde tem um foco real?	42:34 a 45:59		l produto		Uma aluna provoca uma discussão relativo à situações nas quais existem focos reais.	Slides
	45:59 a	Raios não notáveis..	l processo	Volta a discutir os elementos dos espelhos esféricos. Desenha um raio incidindo em um espelho esférico em uma direção que não é paralela ao eixo principal e pergunta	Alunos participam da discussão da resposta. O prof. escolhe a resposta que lhe interessa (não argumenta com os alunos as outras respostas)	Desenhos no quadro

				para onde esse raio irá depois da reflexão.		
--	--	--	--	---	--	--

- Mapa de eventos do aula 8 prof. Beto

Episódio/ Sequências	Tempo inicial/tempo final (total)	Conteúdo temático	Padrões de interação	Ações do professor	Participação dos alunos	Recursos utilizados
Gestão de classe	00:00 a 01:10					
Aniversário	01:10 a 02:00		Sem interação	Início da aula. Retomada de diagrama de reflexão de feixe de raios paralelos luz em espelho côncavo e convexo, interrompida por aniversário de uma das alunas.		
Sol da meia-noite	02:00 a 12:00		Sem interação.	Mensagem e imagens da semana: sol da meia noite e narrativa de uma história sem conexão com a física.		Slides
Elementos	12:00 a 13:06		IRA	Diagramas de reflexão da luz em espelhos côncavos e convexos. Imagens de antenas parabólicas. Elementos dos espelhos esféricos e raios notáveis.		Quadro
Raios notáveis	13:06 a 25:30			Como a luz é refletida nos espelho esféricos (normal, raio incidente e raio refletido); se não tiver transferidor e compasso o que faço? Raios notáveis. Volta a simulação com		Slide e quadro

				<p>slides no caso de cada um dos raios notáveis</p> <p>Incide paralelo ao eixo</p> <p>Incide passando pelo foco (reversibilidade dos raios luminosos)</p> <p>Incide passando pelo centro</p> <p>Isso ainda não é formação de imagens.</p>		
Imagens	25:30 a 34:30			<p>Agora vamos colocar um objeto na frente do espelho.</p> <p>Pega espelho distância focal de 18 cm.</p> <p>1º caso: Objeto (letra F iluminada) no “infinito” (7 m)</p> <p>Relaciona o fato com a imagem de uma estrela projetada por um grande espelho de um telescópio e observada por meio de uma lente. (“a imagem estaria normal?”)</p>		<p>Montagem experimental: imagem da tela projetada por meio de filmadora e projetor multimídia. Imagem dá um ponto – (“isso aí é a imagem?”).</p> <p>Diagrama em slide com simulação e características da imagem – se é real ou invertida</p>
	34:30 a 37:50			<p>2º caso: objeto próximo ao espelho mas antes do centro de curvatura</p> <p>1ª questão: imagem é projetada. É real ou virtual?</p> <p>Encontro dos raios refletidos pelo espelho.</p>		

				Onde está a imagem? –NO FOCO. Não, no foco não. Afasta e aproxima a tela até localizar a imagem”		
	37:50 a 38:40		Discurso dialógico cadeia aberta (i-r-p_r...)	VOU FAZER AGORA UMA PERGUNTA DIFÍCILIMA: O QUE ACONTECE COM A IMAGEM SE TAMPARMOS A METADE DO ESPELHO? VAI TER IMAGEM? METADE. QUAL METADE? POR QUE VAI TER METADE DA IMAGEM?		Montagem experimental mas sem finalizar o que vai ser feito. Discussão com a classe
	38:40 a 39:40		Cadeia fechada – conclusão: não há modificação alguma na imagem.	VAMOS APROFUNDAR UM POUQUINHO ESSA IDEIA		Apresentação de slides e simulação da formação de imagem
	39:40 a 41:00		Cadeia fechada	ISSO AQUI É UM MODELO PARA EXPLICAR A FORMAÇÃO DA IMAGEM SIMULA NO MODELO A AÇÃO DE TAMPAR A METADE SUPERIOR DO ESPELHO		
				Seleciona contribuições dos	Evidência de intensa	

				alunos ; Hipóteses: vai aparecer metade; não vai aparecer imagem; vai aumentar o foco. Vai aparecer um borrão. ... Quero que vocês justifiquem para mim, por que vai aparecer um borrão?	participação dos alunos, com turnos curtos e entrecortados por vários outros; o professor tenta administrar e conduzir uma conclusão satisfatória e justificada ao problema. Ao contrário da primeira discussão, os pontos de vista aqui são justificados e não apenas apresentados livremente.	
	41:00 a 43:20		A atividade experimental suscita novas questões e outros focos de interesse que não teriam sido postos em uma abordagem restrita a representação do fenômeno em diagramas.	Extrapolando – por isso os espelhos de telescópios são grandes. Aluno insiste na palavra “menos nítida” e professor torna a corrigir sugerindo o conceito de intensidade em lugar de nitidez. Menos intensa, a nitidez continua existindo. Características da imagem (retomando o 2º caso): a imagem fica dentro do espelho? (onde está a imagem)  Fim da aula, o sinal toca e os alunos começam a recolher objetos para deixar o laboratório.		Professor projeta a imagem de uma vela em espelho côncavo usando projetor multimídia e câmara filmadora.  Promessa de novo experimento para a próxima aula (duplo espelho côncavo e imagem do porquinho em 3D)