



SUSTENTANDO O INTERESSE E ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES: ANÁLISE DO DISCURSO EM ATIVIDADE DEMONSTRATIVA DE FÍSICA

SUPPORTING INTEREST AND ENGAJEMENT OF STUDENTS: ANALYSIS OF THE DISCOURSE OF A DEMONSTRATIVE ACTIVITY IN PHYSICS

Francisco Pazzini do Couto¹

Orlando Aguiar Júnior²

¹Universidade Federal de Minas Gerais/Faculdade de Educação/fpazzinic@uol.com.br

²Universidade Federal de Minas Gerais/Faculdade de Educação/orlando@fae.ufmg.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é examinar como um professor de física desenvolve com seus alunos uma atividade com a mediação de montagem experimental e modelos físicos (diagrama de formação de imagens) de modo a promover o envolvimento dos estudantes e a construção de uma solução compartilhada ao problema apresentado aos alunos. Utilizaremos o conceito de engajamento disciplinar produtivo tal como proposto por Eagle e Conant (2002) para examinar as estratégias adotadas pelo professor na condução da atividade. Serão também analisadas mudanças na referencialidade do discurso (Mortimer et al, 2007) e na abordagem comunicativa (Mortimer e Scott, 2003).

Palavras-chave: atividades experimentais, discurso nas salas de aula de ciências, dialogia.

The aim of this work is to examine how a physics teacher develops with his students an activity with the mediation of an experimental device and physical models as a way to promote the students' involvement and a shared solution to the problem proposed to the students. We shall use Eagle and Conant (2002) notion of productive disciplinary engagement to examine the strategies adopted by the teacher in the development of the activity. It will be also analyzed changes in the referentiality of discourse (Mortimer et al, 2007) and in the communicative approach (Mortimer e Scott, 2003).

Keywords: experimental activities, science classroom discourse, dialogism.

INTRODUÇÃO

A função desempenhada pelas atividades experimentais na aprendizagem dos conceitos de ciências têm sido foco de debate a quase dois séculos, desde as primeiras observações feitas em manuais de educação ingleses de tendências empiristas (Edgeworth, 1811). Desde então, aportes de vários campos do conhecimento como a psicologia, neurociência, lingüística, filosofia, dentre outros, têm inserido contribuições

que complexificam cada vez mais a função do elemento “atividades experimentais” no contexto do ensino/aprendizagem em ciências.

Recentemente, artigos relacionados à função e eficácia das atividades experimentais na Educação em Ciências (Niedderer et al, 2003) têm sido reorientados por estudos que examinam o discurso em sala de aula por meio do qual os estudantes e professores criam e compartilham significados, estabelecendo relações entre o mundo empírico dos experimentos e o mundo teórico conceitual da ciência.

O objetivo deste artigo é examinar as estratégias adotadas por um professor de física para criar e sustentar o interesse, engajamento e participação dos estudantes na construção de respostas a um problema com a mediação de arranjo experimental e uso de modelos. Tal exame será feito por meio das interações discursivas no contexto de uma atividade experimental em aula de Física no ensino médio.

O problema desta pesquisa pode ser, então, assim formulado: Como o professor maneja, pelo discurso, a atividade experimental, de modo a cativar o interesse e engajamento dos estudantes na construção de respostas a um problema proposto? O problema não é trivial, uma vez que um experimento nem sempre motiva os estudantes para o entendimento de conceitos e princípios físicos envolvidos (Laburu, 2006).

Para tanto, examinaremos em um episódio de ensino de física na escola média as mudanças na abordagem comunicativa adotada (Mortimer e Scott, 2003) e na referencialidade do discurso que vai sendo construído por professor e alunos (Mortimer et al, 2007). Examinaremos ainda as estratégias do professor e a participação dos alunos do ponto de vista do engajamento disciplinar produtivo, tal como proposto por Eagle e Conant (2002).

Eagle e Conant (2002) propõem um sistema de categorias para buscar evidências do que os autores denominam ‘engajamento disciplinar produtivo’, considerando os aspectos interacionais do engajamento dos estudantes aliado ao progresso nos marcos de um discurso produtivo em um domínio específico do conhecimento. Para analisar a existência desse tipo de engajamento de estudantes, os autores sugerem os seguintes critérios: os autores apontam seis características discursivas e/ ou aspectos interacionais que permitem inferir um maior engajamento: a) amplo número de estudantes fornece aportes substantivos ao conteúdo em discussão; b) as contribuições dos estudantes estão em sintonia com aquelas apresentadas pelos colegas em turnos anteriores, sem consistirem, portanto, em comentários isolados; c) poucos estudantes encontram-se dispersos; d) os estudantes demonstram estarem atentos uns aos outros por meio de postura corporal e contado olho no olho; e) os estudantes freqüentemente expressam envolvimento passional com os temas; f) os estudantes continuam engajados nos tópicos por um longo período de tempo.

Para promover o engajamento disciplinar produtivo, Eagle e Conant (2002) sugerem os seguintes procedimentos: 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.

A análise da abordagem comunicativa adotada nos ajuda a compreender como o professor conduz e sustenta as mudanças nos processos de significação / interpretação de fenômenos e situações valendo-se, para tanto, de interação verbal e não verbal com os estudantes.

As categorias de abordagem comunicativa *dialógica* e *de autoridade* são centrais no referencial teórico desenvolvido por Mortimer e Scott (2003). A abordagem é

caracterizada como dialógica ou de autoridade dependendo do modo como o professor trabalha para desenvolver idéias e a compreensão com os estudantes na sala de aula. Entende-se por abordagem dialógica aquele no qual o professor ouve o que os estudantes têm a dizer do ponto de vista dos próprios estudantes. Ocorre uma interanimação de idéias no qual mais de uma voz é levada em consideração. Por outro lado, a abordagem comunicativa é caracterizada como *de autoridade* quando o professor ouve o que os estudantes têm a dizer apenas do ponto de vista que interessa ao professor, isto é, do ponto de vista da ciência escolar. As abordagens comunicativas – dialógica e de autoridade – estão relacionadas com as duas funções da linguagem segundo Lotman (1988): a de gerar novos significados e a de transmitir significados culturalmente consagrados. Essas duas funções são complementares, na medida em que o acesso às formas consagradas de pensamento se dá por meio das relações dessas com entendimentos e vivências do sujeito da aprendizagem (autor e colaboradores, 2006).

Por meio do exame da referenciabilidade do discurso produzido por professores e estudantes durante tais atividades, pretendemos compreender como as demonstrações experimentais e os recursos semióticos podem alterar as perspectivas dos estudantes quando confrontadas com o problema proposto pelo professor.

Denominamos de referenciais empíricos aqueles relacionados ao “real”, organizado especificamente para a experimentação, para o estudo do fenômeno em si. Assumimos a distinção feita por Mortimer (2003, p. 31) segundo a qual “descrições e generalizações que são baseadas em propriedades diretamente observáveis ou constituintes de um sistema são caracterizadas como empíricas, enquanto que aquelas entidades criadas pelo discurso teórico das ciências, como o caso do modelo microscópico de partículas, são caracterizados como teóricos”.

Desenho de pesquisa e metodologia

Acompanhamos um professor de física cujo estilo de aula inclui a utilização sistemática de experimentos e simulações em sala de aula. Este estilo de ensino não é comum no Brasil, onde muitos professores completam o curso de física sem apresentarem uma única atividade experimental sequer. Os motivos usualmente apresentados para a não utilização desses recursos são variados, como mostra Borges (2004): o fato de não existirem atividades já preparadas, em ponto de uso pelo professor, falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição, falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino, laboratório fechado e sem manutenção, inexistência de uma cultura de ensino experimental na escola e na formação docente.

A escolha do professor foi motivada por sua utilização nas atividades experimentais de um modo inovador. Por dois meses registramos em vídeo as aulas do professor que desenvolveu o conteúdo de Introdução à Ótica Geométrica até o item de Formação de Imagens nos Espelhos Esféricos. Para a filmagem das aulas usamos duas câmaras, uma na lateral da sala, focada nas ações do professor e outra na parte frontal da sala, buscando captar a participação dos estudantes. Os alunos em questão estão no último ano do ensino médio e muitos prestarão exames de seleção para ingresso em universidades. O local no qual as aulas acontecem é em uma sala de aula ambiente, que apresenta a forma de um anfiteatro. A sala possui um computador conectado a projetor, uma grande mesa central (onde as montagens são feitas) e uma filmadora. Esta filmadora é utilizada pelo professor para ampliar as imagens de algumas montagens feitas sobre a mesa e que necessitam de um maior detalhe para o estudo.

Antes de qualquer atividade prática, o professor apresenta uma motivação inicial à questão que será apresentada aos estudantes, usualmente na forma de um desafio. O desenvolvimento das atividades ocorre de um modo interativo, realizando movimentos alternados de um discurso dialógico e de autoridade, com prevalência deste último. Além disso, o professor sistematicamente utiliza de anotações no quadro, filmagens, imagens, diagramas e simulações no PowerPoint durante as aulas. Atividades práticas e recursos semióticos são sempre utilizados de uma forma coordenada, encaminhando o aluno entre o mundo dos fenômenos e o mundo das idéias, e conduzindo a aula inicialmente com referentes específicos para mais tarde utilizar referentes abstratos.

Outro aspecto a destacar é o envolvimento afetivo entre professor e alunos. O professor é atencioso e tem escuta atenta a seus alunos. Os reconhece pelo nome e, em suas aulas, se dirige a eles, buscando sua participação. Além disso, uma vez por semana traz uma apresentação em Power Point com belas imagens (em geral relacionadas à física) e mensagens sobre a relação com o mundo, com as pessoas e com o conhecimento. No início da aula aqui reportada, o Power Point trazia imagens do sol da meia noite em regiões do ciclo polar e animações da Terra no espaço que permitem compreender tal fenômeno.

Selecionamos para análise um episódio no qual o professor, após desenvolver os casos de formação de imagens em espelhos esféricos mais comuns, apresenta uma questão na forma de desafio para seus alunos: “Farei agora uma pergunta difícilíssima. O que acontece com a imagem se metade do espelho for coberto? O que mudaria nas características da imagem formada?” A escolha desse episódio em particular ocorreu por ele caracterizar muito bem a maneira de trabalho do professor durante todo o tempo de observação: apresentação de uma motivação inicial; uso ostensivo de atividades experimentais; trabalho com desenhos, diagramas e outros recursos semióticos; disposição em fazer com a turma participasse da elaboração das respostas ao problema proposto; deslocamentos realizados pelo professor para manter a atenção dos estudantes; apresentação de uma aplicação prática para os estudantes de um aspecto do tópico trabalhado. O episódio em questão é o que melhor representa todos esses movimentos realizados pelo professor.

O episódio foi transcrito e comentários sobre as ações, gestos e diagramas utilizados foram adicionados. Um dos autores do artigo acompanhou diretamente as aulas de Física registrando os dados não somente em vídeo mas também em anotações em caderno de campo.

Análise de dados

Nas aulas anteriores da seqüência de ensino, o professor abordou algumas idéias que foram utilizadas pelos estudantes no episódio que será aqui analisado ou, ainda, tidas implicitamente como compartilhadas no discurso conduzido pelo professor com a turma. Algumas dessas idéias 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 eles associado: telescópio, farol de carro, forno solar e brinquedos com imagem “holográficas”.

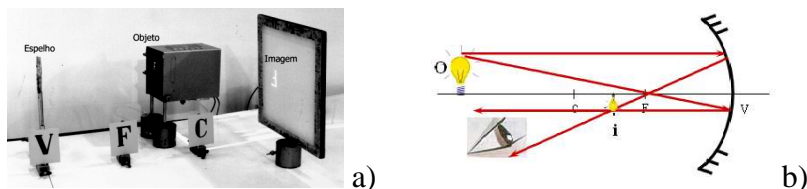


Figura 1: A) Montagem experimental feita na mesa central da sala e projetada para os alunos com o uso de uma filmadora em uma tela grande. B) Imagem de um dos slides utilizados e representativo dos elementos teóricos do estudo da formação de imagens nos espelhos esféricos.

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.

Resultados e discussão

1ª parte: *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 idéia.	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 idéia 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 encontra-se 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. 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 apóiam em referencialidade empírica – o espelho sendo coberto e uma associação direta do espelho 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. 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?*

2ª parte: Re-examinando 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.

Transcrição	Comentários contextuais
29. Prof. Agora olha para cá. Isso aqui, isso aqui é um modelo 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 idéia 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 idéia.
38. Prof: Vocês escutaram o que ele falou aqui? A Izabela e a ... Júlia falou. Desculpa Júlia, 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 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. Henrique: Nenhuma, nenhuma modificação (junto com vários alunos ao mesmo tempo).	
42. Prof: Como é que é Galvão?	
43. Galvão: 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 Galvão, pois continuava centrado nas opiniões das alunas Izabela e Julia que continuam conversando entre si.
45. Henrique (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 difícil essa, né galera, (2s) A Isabela e a Júlia 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... tão brilhante↑?	O professor abre os braços, fazendo um movimento circular no ar. Turning point: opção pelo discurso de autoridade.
52. Alunos: Não.	
53. Henrique: não, ela é menos nítida.	
54. Prof: não, nítida não! Nitidez não!... é a questão é ... 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	

<p>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! Dificílima essa questão.</p>	
62. Henrique: Professor!	
63. Prof: Oi	
64. Henrique: 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. Henrique: 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 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 em 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.

As alunas Júlia e Isabela afirmam que outros raios contribuirão para a formação de imagens (turno 38), e concluem então a imagem final não será afetada pelo bloqueio de metade do espelho. A fala do aluno Galvão (turno 43) é um eco do enunciado do professor ao retomar os diagramas (trecho não transcrito) em que ele afirma de início

que o objeto emite luz em todas as direções mas que serão considerados apenas alguns raios, considerados principais. O raciocínio, ao que parece, é conduzido 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 Henrique.

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 Henrique 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).

Conclusões e implicações

Ao analisarmos os 4 princípios propostos por Eagle e Conant (2002) 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 dêem 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.

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 difícilimo 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 experimentais quanto dos recursos semióticos na aprendizagem em ciências e das vantagens em utiliza-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 nas 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?*).

O principal resultado desta pesquisa consiste, portanto, em apontar para vantagens em coordenar esses dois recursos mediacionais – experimentais e semióticos – e afirmar que tal coordenação é alcançada através do discurso que o professor vai tecendo com a participação dos estudantes em sala de aula.

Bibliografia

Autor e colaboradores (2009). Publicado em periódico

Autor e colaboradores (2006) Publicado em periódico

Bachelard, Gaston (1996). A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu, Rio de Janeiro/BRA: Contraponto, 316p.

Bakhtin, M.M. (1986). *Speech Genres & Other Late Essays*, edited by Caryl Emerson & Michael Holquist, translated by Vern W. McGee. Austin: University of Texas Press.

Borges, A.T. (2004). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Cad. Bras. Ensino Física*, 21, 9-30.

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*, v. 20, p. 399–484, 2002.

Laburú, C. E. . Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2006.

Lotman, Yu. M. (1988). Text within a text. *Soviet Psychology*, 26(3), 32 – 51.

Lunetta V,N., Hofstein A., Clough M. (2007) Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In: N, Lederman. and S. Abel (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007, p. 393-441

Mortimer, E.F. and Scott, P.H. (2003) *Meaning making in secondary science classrooms*. Buckingham: Open University Press.

Mortimer, E. F., Massicame, T., Tiberghien, A., Buty, C. (2007) Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: Roberto Nardi. (Ed.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007, p. 53-94.

Niedderer, H., von Aufschneiter, S., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., et al. (2003). Talking physics in labwork contexts - A category based analysis of videotapes. In P. D. & N. H. (Eds.). *Teaching and Learning In the Science Laboratory*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 31-40.

Voloshinov, V.N. (1929/1973) *Marxism and the Philosophy of Language*. Cambridge, M.A.: Harvard University Press.

Vygotsky, L. S. *Thought and Language*. Cambridge, MA: The M.I.T. Press, 1985.

Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.