

**Gerente Editorial:** Adilson Pereira  
**Produtora Gráfica:** Patrícia La Rosa  
**Editor de Desenvolvimento:** Marcio Coelho  
**Copidesque:** Ana Paula Luccisano  
**Revisão:** Sandra Garcia Cortes e Vera Lúcia Quintanilha  
**Produtora Editorial:** Tatiana Pavanelli Valsi  
**Editoração Eletrônica:** Macaquete Produções Gráficas  
**Capa:** DNG/INK Design Gráfico

**COPYRIGHT** © 2004 de Pioneira Thomson Learning Ltda., uma divisão da Thomson Learning, Inc. Thomson Learning™ é uma marca registrada aqui utilizada sob licença.

Impresso no Brasil.  
*Printed in Brazil.*  
 2 3 4 5 06 05 04

Rua Traipu, 114 – 3ª andar  
 Perdizes – CEP 01235-000  
 São Paulo – SP  
 Tel.: (11) 3665-9900  
 Fax: (11) 3665-9901  
 sac@thomsonlearning.com.br  
 www.thomsonlearning.com.br

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro poderá ser reproduzida, sejam quais forem os meios empregados, sem a permissão, por escrito, da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)  
 Ensino de ciências unido a pesquisa e a prática / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.  
 Vários autores.  
 Bibliografia.  
 ISBN: 85-221-0353-4  
 1. Ciências — Estudo e ensino  
 2. Pesquisa 3. Prática de ensino I. Carvalho, Anna Maria Pessoa de. 03-5629 CDD-507  
 Índice para catálogo sistemático:  
 1. Ciências : Estudo e ensino 507

## SUMÁRIO

Prefácio ..... VII

*Amélia Domingues de Castro* ..... VII

**1** Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências  
*Anna Maria Pessoa de Carvalho* ..... 1

**2** Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula  
*Maria Cristina P. Stella de Azevedo* ..... 19

**3** A Natureza do Conhecimento Científico e o Ensino de Ciências  
*Viviane Briccia do Nascimento* ..... 35

**4** Argumentação numa Aula de Física  
*Maria Cândida de Moraes Cappechi* ..... 59

**5** A Relação Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências  
*Anabela Infanzosi Vannucchi* ..... 77

Anexo ao Capítulo 5 — A Atividade ..... 93

## CAPÍTULO 4

# ARGUMENTAÇÃO NUMA AULA DE FÍSICA

Maria Cândida de Moraes Cappechi

**A**s interações discursivas em sala de aula têm sido objeto de muitas pesquisas sobre ensino/aprendizagem de Ciências. A partir de uma perspectiva socio-cultural, o professor tem o papel de mediador entre a cultura científica, que ele representa, e a cultura do cotidiano, representada pelos estudantes; no plano social da sala de aula. Assim, a aprendizagem de Ciências pode ser considerada como uma espécie de enculturação (Mortimer, 2000), em que os estudantes entram em contato com uma forma especial de observar, analisar e representar os fenômenos da natureza, a cultura científica, de maneira que possam compreender as vantagens e as limitações dessa área de conhecimento.

A abordagem da aprendizagem como enculturação reforça o papel das interações discursivas em sala de aula como instrumentos mediadores entre as culturas científica e do cotidiano. Scott e Mortimer (2000) referem-se ao conceito de linguagens sociais desenvolvido por Bakhtin para explicar essas interações nas aulas de Ciências. Segundo o filólogo, linguagens sociais correspondem a estratificações da língua baseadas na divisão dos grupos sociais. Dessa forma, os autores afirmam que nas aulas de Ciências ao menos duas linguagens sociais podem ser identificadas, a linguagem "científica" e a linguagem do cotidiano. Considerando que cada uma dessas linguagens apresenta aspectos

dos extratos sociais aos quais pertencem, aprender Ciências envolve aprender também a expressar-se em uma nova linguagem social.

O espaço para discussões alunos-alunos e alunos-professor em sala de aula tem, portanto, o importante papel de proporcionar tanto a identificação das idéias dos alunos a respeito do fenômeno a ser estudado, quanto uma oportunidade para que estes ensaiem o emprego da linguagem científica escolar. E é por meio dessa oportunidade que os estudantes podem ir adquirindo desenvoltura dentro dessa área de conhecimento, bem como experimentar e ponderar as vantagens de sua utilização em contextos adequados.

Nesse ponto, é importante ressaltar que há uma diferença entre linguagem científica e linguagem científica escolar, que, mais uma vez, pode ser explicada pelo conceito de linguagens sociais de Bakhtin. A linguagem científica sofre transformações para adequar-se ao contexto da sala de aula e, nesse processo, algumas características da cultura científica são mantidas e outras não. Esse é um aspecto essencial a ser considerado quando nos referimos à visão de Ciência veiculada no sistema escolar. Afinal, ao lado de outros meios de interação envolvidos nas diferentes atividades realizadas em aulas de Ciências (Kress et al., 2001), a linguagem empregada nas mesmas contribui para a formação da idéia do que é ciência por parte dos alunos. Osborne et al. (2001) chamam a atenção para o fato de que a ciência escolar geralmente apresenta argumentos baseados em autoridade mais do que em justificativas, ignorando aspectos da argumentação científica. Esse fenômeno costuma acontecer nos meios de comunicação em geral, em que a Ciência é normalmente empregada como instrumento de validação de afirmações com base em sua autoridade e não em justificativas ou evidências. E é nesse ponto que consideramos importante o desenvolvimento de atividades em sala de aula que envolvam argumentação.

Quando nos referimos à argumentação nas aulas de ciências, estamos interessados nas intervenções dos alunos durante discussões visando à construção de explicações coletivas para determinados fenômenos e não em meros jogos de competição oratória desprovida de conteúdo. Nossa interpretação para esse argumento é muito semelhante à definição apresentada por Krummheuer (1995 apud Driver et al., 1999), em que este é considerado como o esclarecimento intencional de um raciocínio durante ou após sua elaboração.

Em uma aula de Ciências, discussões sobre diferentes pontos de vista em relação a determinado tema são instrumentos importantes para a construção de

explicações. Nos processos visando a uma mudança conceitual, por exemplo, Mortimer e Machado (1997) chamam a atenção para a importância das discussões na geração de conflitos cognitivos e também na sua superação. Em tais situações, além de tomar consciência de suas idéias sobre o tema em discussão, os estudantes precisam buscar razões para dar sustentação a estas, e nesse momento os conflitos começam a aparecer. Para que possam superá-los, os estudantes precisam construir uma nova explicação para o fenômeno estudado, o que envolve a comparação entre suas opiniões e aquelas apresentadas por seus colegas. Assim, embora a condição inicial para a argumentação seja o conflito de idéias, esta só fará sentido em sala de aula se uma síntese ou explicação coletiva for alcançada, ou seja, se caminhar para um consenso. Para tanto, é necessário ponderar sobre o poder explicativo de cada afirmação, o que contribui para a formação de um espírito crítico por parte desses estudantes (Siegel, 1995).

Segundo Duschl et al. (1999), a argumentação geralmente pode ser reconhecida sob três formas: analítica, dialética e retórica, visto que as duas primeiras são baseadas na apresentação de evidências, enquanto a última sustenta-se na utilização de técnicas discursivas para a persuasão de uma platéia a partir dos conhecimentos apresentados por esta. No contexto da aula de Ciências, podemos destacar a necessidade de uma argumentação baseada na apresentação de evidências, já que estas são tipicamente valiosas para a comunidade científica. É claro que o emprego da argumentação retórica por parte do professor também faz parte do processo de ensino e não deve ser desprezado (Scott e Mortimer, 2002). É preciso observar que diferentes comunidades apresentam diferentes formas de argumentos e que, portanto, o contexto em que um argumento é empregado é fundamental para seu julgamento.

Destacando a necessidade de emprego de atividades envolvendo argumentação nas aulas de Ciências, Driver et al. (1999) apontam algumas formas de argumentos tipicamente importantes para a comunidade científica, tais como o desenvolvimento de simplificações; a postulação de teorias explicativas causais, que gerem novas previsões; e a apresentação de evidências a partir de observações ou experimentações. E, como modelo para o desenvolvimento de habilidades de argumentação entre os alunos, os autores sugerem o padrão de argumento desenvolvido por Toulmin (1958). Esse padrão tem sido adotado por outros pesquisadores para analisar a argumentação em sala de aula e compreende importantes características da argumentação científica.

Considerando a importância do emprego de uma argumentação baseada na análise de evidências e justificativas nas aulas de Ciências e o desenvolvimento de habilidades de argumentação por parte dos alunos, neste capítulo apresentamos a análise de um episódio de ensino de física extrairdo de uma aula da primeira série do Ensino Médio. Nosso objetivo é identificar aspectos envolvidos na construção de um clima adequado para que os alunos argumentem na direção da cultura científica.

### O PADRÃO DE ARGUMENTO DE TOULMIN

O padrão de Toulmin possibilita a identificação tanto dos elementos básicos que compõem um argumento quanto das relações entre os mesmos. O esquema de um argumento completo segundo esse padrão é apresentado na Figura 4.1.

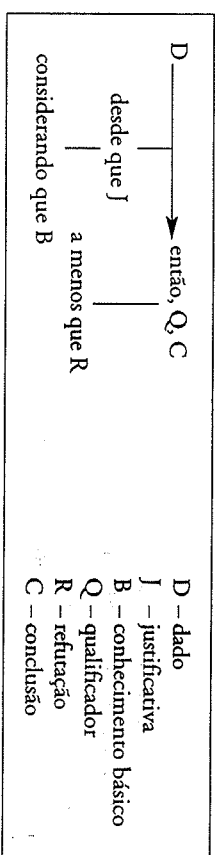


Figura 4.1 – Padrão de argumento de Toulmin.

Os elementos fundamentais de um argumento segundo esse padrão são o dado, a conclusão e a justificativa. É possível apresentar um argumento contando apenas com esses elementos, cuja estrutura básica é: “A partir de um dado D, já que J, então C”. Porém, para que um argumento seja completo, pode-se especificar em que condições a justificativa apresentada é válida ou não, indicando um ‘peso’ para tal justificativa. Dessa forma, podem ser acrescentados ao argumento qualificadores modais (Q), ou seja, especificações das condições necessárias para que dada justificativa seja válida. Da mesma forma, é possível especificar em que condições a justificativa não é válida ou suficiente para dar suporte à conclusão. Nesse caso, é apresentada uma refutação (R) da justificativa. Os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de determinada justificativa, complementando a “ponte” entre dado e conclusão.

Além dos elementos citados há pouco, a justificativa, que apresenta um caráter hipotético, pode ser apoiada em uma alegação categórica baseada em uma lei, por exemplo. Trata-se de uma alegação que dá suporte à justificativa, denominada *backing* (B) ou conhecimento básico. O *backing* é uma garantia baseada em alguma autoridade, uma lei jurídica ou científica, por exemplo, que fundamenta a justificativa.

O modelo de Toulmin é uma ferramenta poderosa para a compreensão da argumentação no pensamento científico. Além de mostrar o papel das evidências na elaboração de afirmações, relacionando dados e conclusões mediante justificativas de caráter hipotético, também realça as limitações de dada teoria, bem como sua sustentação em outras teorias. O uso de qualificadores ou de refutações indica uma compreensão clara do papel dos modelos na ciência e a capacidade de ponderar diante de diferentes teorias a partir das evidências apresentadas por cada uma delas. Um modelo, por exemplo, pode ser útil para uma situação específica, porém substituído por outro mais abrangente em outras circunstâncias. Se os alunos puderem entrar em contato com argumentos completos, prestando atenção nessas sutilezas, possivelmente estarão compreendendo uma importante faceta do conhecimento científico.

### ANÁLISE DE UM EPISÓDIO DE ENSINO

→ *diversos os dados*

O episódio analisado a seguir foi extrairdo de uma aula de Física do primeiro ano do ensino médio em uma escola estadual em São Paulo. Na ocasião, a professora da turma apresentava uma experiência de cerca de 23 anos de magistério e fazia parte de um grupo de pesquisa para a melhoria do ensino de Física junto com outros colegas professores da rede pública, sob a orientação da professora dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

A atividade realizada na aula que apresentaremos a seguir faz parte de um programa de ensino de termodinâmica por investigação desenvolvido por esse grupo de professores pesquisadores, que foi publicado na forma de um livro para professores<sup>1</sup> de Física.

<sup>1</sup> *Termodinâmica: um ensino por investigação*. CARVALHO, A. M. P. (Coord.). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

### Demonstração Investigativa sobre Dilatação dos Gases

Nesta atividade, a professora apresenta uma demonstração sobre dilatação do ar, utilizando um erlenmeyer, uma bexiga, uma pinça metálica e uma lâmparina. A bexiga é colocada na boca do erlenmeyer e esse arranjo é aquecido pela lâmparina. Com o aquecimento, a bexiga começa a encher, demonstrando a dilatação do ar contido no dispositivo.

A denominação dessa demonstração como “investigativa” foi desenvolvida pelo grupo de professores-pesquisadores para diferenciá-la de uma demonstração convencional. A diferença aqui é que, em vez de ser empregada apenas como ilustração de algo que já foi estudado anteriormente, a demonstração visa introduzir um novo tema por meio de um problema a ser resolvido pelos alunos. A exposição do fenômeno é apenas o início de um processo de busca de explicações para o mesmo.

### Análise dos Dados

A análise das interações discursivas presentes durante a realização da demonstração revelou três diferentes fases nesse episódio. A primeira fase (Hipóteses Iniciais) corresponde ao início da atividade, compreendendo desde a apresentação dos materiais e do fenômeno por parte da professora até o levantamento das primeiras hipóteses sobre o que será observado. A segunda fase (Primeiras Explicações) corresponde a um período em que os alunos começam a apresentar algumas explicações para o fenômeno. Na terceira fase (Identificação Explicações Distintas), os alunos aprimoram seus argumentos.

#### Fase 1 – Hipóteses Iniciais

Este episódio inicia-se com uma transição entre o final de uma revisão sobre os temas *Conexção e Condução* estudados em aulas anteriores e o início de uma demonstração sobre um novo tema – *Dilatação*. Enquanto pega os materiais no armário para montar o arranjo que será utilizado na demonstração, a professora vai comentando com os alunos o que está fazendo.

1. P. “Teoria Cinética Molecular... a idéia de que as partículas se movem ... que esse movimento tá relacionado com a temperatura ... elas se movem quando ganham energia ... isso tudo é Teoria Cinética Molecular ... eu vou mostrar outro fenômeno... nós vamos tentar explicar outro fenômeno...”

2. Aluno 1: “legal...”
3. P. “material ... vamos usar também um vidrinho ... num vai ser béquer ... vamos pegar o maior ... como chama [mostrando um erlenmeyer] isso aqui? cês viram isso aqui em Química?”
4. Aluno 1: “ai ... eu vi ...”
5. P. “ai ... eu vi ...”
6. Aluno 3: “chama potinho de vidro ...”
7. P. “cês fizeram trabalho de Química ...”
8. Aluno 2: “Béquer ...”
9. P. “béquer é um que parece um copinho ...”
10. Aluno 1: “ai professora ... eu sei ... deixa ver ...”
11. P. “é Er-len-me-yer ...”
12. Aluno 8: “é o quê?”
13. P. “Erlenmeyer ...” [comentários dos alunos] [a professora fala enquanto escreve na lousa]

A professora inicia a nova atividade montando o arranjo experimental e mostrando aos alunos os materiais que serão empregados. Nessa fase é apresentada uma questão (turno 3), que é seguida por uma sucessão de intervenções aluno/professor. Essa sequência de intervenções lembra um padrão triádico IRF, em que a professora inicia o diálogo com uma questão (I) e, a cada resposta dos alunos (R), fornece um *feedback* (F) avaliativo, ou seja, avalia essas respostas (Mortimer e Machado, 1997). Uma questão com resposta única é seguida por uma sequência de tentativas e pistas, numa espécie de *jogo de adivinhação*. Nesse momento de transição, esse *jogo* parece contribuir para a criação de um ambiente propício para o início da demonstração propriamente dita. Pode-se observar nessa sequência que, ainda que num clima de bastante descontração, diferentes alunos participam fornecendo algum tipo de resposta.

14. P. “nós vamos usar uma outra coisa ... nós vamos usar um Erlenmeyer ... uma bexiga comum ...” [a professora vai mostrando os materiais enquanto fala]
15. Aluno 2: “esse é o material?”
16. P. “eu vou colocar [pondo uma mesinha na frente da classe] a bexiga na boca do Erlenmeyer ... [bastante conversa na sala] reparem que a bexiga ... a bexiga tá vazia na boca do Erlenmeyer... agora eu vou pegar uma lâmparina ...”

[dos turnos 17 a 22 há bastante agitação na sala e as intervenções da professora e dos alunos não estão relacionadas ao desenvolvimento da atividade]

23. P: “eu vou pegar uma pinça [caminha até o armário] ... eu fui pegar uma pinça pra segura ...”
24. Aluno 11: “isso aí é o que fessora?”
25. P: “é uma pinça mecânica...”
26. Aluno 11: “não... tô falando do frasco...”
27. Aluno 12: “é o Erlenmeyer...”
28. P: “é o Erlenmeyer ... [começa a aquecer o conjunto bexiga-erlenmeyer] daí a gente aquece ...”
29. Aluno 3: “ô professora... com o aquecimento ele vai inchar?”
30. P: “então ó ... tá esperando que encha...”
31. Aluno 12: “o balão vai encher...”
32. Aluno 13: “vai nada...”
33. Aluno 14: “ô lá... tá enchendo... já...”
34. Aluno 5: “oh ...”
35. Aluno 14: “tá enchendo... tá enchendo...”

Nessa sequência, a professora continua montando o arranjo experimental enquanto vai conversando com os alunos. Em meio a bastante agitação e conversa, as intervenções da professora representam uma tentativa de manutenção de um elo com os alunos. Isso fica evidente no turno 23 quando, além de apresentar os materiais que serão utilizados na demonstração, a professora faz comentários sobre suas próprias ações.

Assim que começa a demonstração propriamente dita, um aluno levanta uma questão prevenindo o que vai acontecer (turno 29). Embora no turno 16 a professora já tenha sinalizado que algo aconteceria com a bexiga, a fala espontânea de A3 é um indicador da existência de um espaço acolhedor para a participação. Da mesma forma, a reação da professora, transformando tal pergunta em uma afirmação hipotética dirigida a toda classe, estimula o posicionamento de outros alunos a respeito (turnos 31, 32 e 33). Assim como na sequência anterior, há uma ampla participação da turma, ainda que em meio a uma grande agitação. Nesse início de demonstração observamos argumentos simplificados, contando apenas com afirmações hipotéticas sem justificativa.

Outro aspecto a ser notado nessa sequência é o rompimento do padrão triádico IRF. Agora, alunos e professora fazem questões e comentários sem a necessidade desse padrão.

#### Fase 2 – *Primeiras Explicações*

Agora que a primeira hipótese já está confirmada, os alunos começam a elaborar explicações para o fenômeno observado.

36. P: “bom... então o material tá lá [na lousa]... pro”
37. Aluno 5: “o que acontece é que o ar quente sobe”
38. : “ah... perai... ó... o Aluno 5 tá tentando explicar as coisas... aí eu tá falando... o procedimento é colocar a bexiga no Erlenmeyer e aquecer o Erlenmeyer... né? agora... tá enchendo a bexiga... já é observação... por que que tá enchendo? [aponta para a turma] agora o Aluno 5 tava falando ...”
39. Aluno 12: “por causa do ar quente”
40. Aluno 5: “porque o ar quente é mais leve e sobe [abre os braços no ar]”
41. Aluno 12: “porque ele se expande”
42. Aluno 5: “é”
43. P: “perai... o ar quente é mais leve e sobe [afirmação]”
44. Aluno 14: “olha ... eles tão querendo dizer ... professora ... que o ar quente expande ... mas aí dentro ... [inaudível]”
45. Aluno 5: “como ele não tem espaço ... ele enche a bexiga ... porque a bexiga tá ... [inaudível]”
46. Aluno 14: “então”

Nos turnos 36 e 37, enquanto a professora está comentando a diferença entre materiais e procedimentos, o Aluno 5 já está iniciando a fase de busca de explicações para o fenômeno que está sendo apresentado, fornecendo espontaneamente uma explicação para o mesmo. Esse é um exemplo de situação em que a intervenção de um aluno pode mudar os rumos previstos pelo professor. A resposta da professora no turno 38 valoriza a atitude da aluna sem, porém, deixar de finalizar o assunto que já havia iniciado, ainda que num ritmo acelerado. A diferenciação entre termos, tais como materiais, procedimentos, observações e explicações, faz parte da cultura científica e, nesse turno, fica evidente o papel da professora como representante da mesma.

Da mesma forma que no episódio anterior, observa-se aqui que os alunos apresentam suas idéias livremente, sem a necessidade de obedecer a um padrão do tipo IRE. A começar pela explicação lançada pelo Aluno 5 no turno 37, a participação dos alunos é intensa e as intervenções da professora nos turnos 38 e 43 vão sempre na direção de valorizar e estimular a mesma.

Os alunos começam a construir algumas explicações para o fenômeno observado, utilizando-se de argumentos isoladamente incompletos, sem justificativa, porém complementares entre si (turnos 39 e 41; 44 e 45). Nessas explicações, é possível identificar a presença de duas idéias, “o ar quente sobe” e o “ar quente se expande”, diferentes do ponto de vista da professora e iguais ou complementares do ponto de vista dos alunos. A professora começa a sinalizar que algo precisa ser mais bem explicado quando repete a fala do Aluno 5 no turno 43 – “perá! ... o ar quente é mais leve e sobe”. Imediatamente o Aluno 14 procura explicar – “olha ... eles tão querendo dizer ... professora ... que o ar quente expande ... mas aí dentro ...” e o Aluno 5 complementa “como ele não tem espaço ... ele enche a bexiga”. Porém, ainda é muito cedo para encerrar o assunto, a professora continua insistindo nessa questão na sequência a seguir.

47. P. “mas perá!... tem duas coisas aí na história... o ar quente se expande ou o ar quente sobe?”
48. Aluno 5: “sobe” [levanta os dois braços]
49. Aluno 9: “sobe”
50. Aluno 12: “sobe”
51. Aluno 3: “ô professora”
52. P. “porque se ele sobe ... ele tá saindo daqui [erlenmeyer... pra cá bexiga] ... e aqui [erlenmeyer] tá ficando vazio”
53. Aluno 3: “ô professora ... só que ele tá no limite da bexiga”
54. Aluno 15: “não... ele se expande”
55. Aluno 5: “... não”
56. Aluno 14: “se expande”
57. Alunos: “se expande”
58. Aluno 3: “ô professora ele sobe... mas aí ele não tem a tendência”
59. P. “...perá!... um de cada vez”
60. Aluno 3: “ele não tem a tendência de sai pra se espalhar... então ele tá tipo... se acumulando na bexiga não é ... mais ou menos assim?”

Nessa fase, a professora procura chamar a atenção dos alunos para a existência de idéias diferentes (turno 47), porém estes continuam transitando entre as mesmas sem considerar nenhum conflito. Procurando sensibilizá-los para o reconhecimento dessa diferença, a professora apresenta uma interpretação mais rigorosa da afirmação que deseja refutar (turno 52), o que leva a uma imediata mudança de opinião por parte de alguns alunos (turnos 54, 55, 56 e 57). Essa alteração, porém, não garante que tenham reconhecido a diferença entre as duas idéias (ver Aluno 3 nos turnos 58 e 60).

A afirmação da professora no turno 52 também contribui para uma evolução na argumentação de um aluno. Enquanto seus colegas interrompem sua intervenção iniciada no turno 48 com afirmações sem justificativa, o aluno 3 elabora um argumento mais sofisticado para retomar a fala nos turnos 58 e 60. Nesses turnos, apresenta uma afirmação “ele sobe”, seguida de justificativa “ele não tem a tendência de sai pra se espalhar” e conclusão “então ele tá tipo se acumulando na bexiga...”

### Fase 3 – Identificando Explicações Distintas

Nesta etapa da discussão, alguns alunos começam a distinguir os dois tipos de explicação.

61. P. “o ar que estava aqui embaixo... a bexiga tava (vazia)... o ar tava aqui... pera um pouquinho... vamos recapitular... ó... o ar tava embaixo... a bexiga estava vazia... e aí? o que aconteceu?”
62. Aluno 14: “o ar ficou \_\_\_\_\_ menos denso e se expandiu”
63. Aluno 5: “\_\_\_\_\_ mais leve \_\_\_\_\_ porque ele esquentou”
64. Aluno 12: “menos denso e expandiu ...”
65. P. “perá!... ficou o quê?”
66. Aluno 7: “menos denso”
67. Aluno 14: “menos denso”
68. Aluno 12: “é ... menos denso”
69. P. “ele ficou menos denso e subiu \_\_\_\_\_ então... o Erlenmeyer tá sem ar... ou tem muito pouco ar... e o ar que tava aqui subiu”
70. Aluno 14: “\_\_\_\_\_ subiu”
- [discussão entre os alunos sobre a demonstração inaudível]

No turno 61 a professora retorna o problema iniciando uma recapitulação do que foi observado desde o início da demonstração — “o ar tava embaixo ... a bexiga tava vazia ... e aí? O que aconteceu?”. Essa retomada do processo dá uma oportunidade para que os alunos reorganizem suas idéias, levando-os a aperfeiçoá-las. Nesse momento começam a empregar argumentos mais completos, fazendo referências a um conhecimento básico — o conceito de *densidade* (turnos 62 e 64) e, também, apresentando justificativas (turno 63).

Embora o emprego do conceito de densidade indique uma evolução na argumentação dos alunos, isso não garante que tenham chegado à explicação esperada para o fenômeno em questão. No turno 69, a professora volta a insistir na explicação inadequada — “ele ficou menos denso e subiu ...” —, o que faz com que os alunos revelem em suas afirmações que ainda estão misturando as idéias identificadas no episódio anterior — “o ar quente sobe” ou “o ar quente se expande”. Isso pode ser notado nos turnos 62 e 70, em que o Aluno 14 refere-se às duas idéias em momentos diferentes.

Desde a sequência anterior, as intervenções da professora começam a apresentar questionamentos que indicam a presença de um padrão IRF. Porém, agora esses questionamentos são empregados como instrumentos para estimular o pensamento e não como um meio de fazer uma transmissão de conhecimentos “dialogada”. É importante observar que, mesmo quando os alunos oferecem resposta desejada, a professora continua insistindo no questionamento, estimulando a argumentação, empregando um padrão IRF denominado elicitativo por Mortimer e Machado (1997).

71. *Aluno 7*: “o ar tava [levantando os braços abertos] querendo se espalhar... professora...”
72. *Aluno 15*: “não... o ar sobe”
73. *P.*: “ou o ar tá mais espalhado ()?” [dá continuidade à fala iniciada no turno 69]
74. *Aluno 7*: “...ô professora... menos denso não é uma molécula tá mais longe da outra? o ar tá ocupando mais espaço...”  
[discussão sobre a atividade inaudível]
75. *Aluno 5*: “ele sobe”
76. *Aluno 7*: “ô professora... o ar num tá ocupando mais espaço? [volta-se para os colegas] ó... saca só... vocês concordam comigo que as moléculas tão

mais afastadas? então... tá ocupando mais espaço...”

- [discussão inaudível]
77. *Aluno 5*: “vii... professora... o ar não subiu...”
78. *Aluno 7*: “ô Bruno... o ar não tá ocupando mais espaço?”

Nessa sequência, observa-se um grande envolvimento dos alunos em torno de uma polémica que foi sendo criada aos poucos pela professora “ele [o ar] se expandiu ou ele subiu?”. Desde a fase anterior, os alunos vinham utilizando os dois tipos de explicação sem entrar em confronto. Alguns defendiam mais o primeiro tipo, outros defendiam o segundo e terceiros defendiam os dois. Agora começa a surgir um posicionamento mais efetivo em relação a um deles — “o ar expande” —, embora ainda não haja um confronto direto entre os mesmos. Mais alunos participam da discussão, havendo vários momentos em que o grande envolvimento da turma chega a prejudicar os registros das informações, pois vários alunos falam ao mesmo tempo.

No turno 71, o Aluno 7, que entra pela primeira vez na discussão, defende a idéia de que “o ar se expande”, enquanto o Aluno 15 opta-se. A professora se mantém numa posição de questionamento sem colocar-se a favor de uma ou outra afirmação (turno 73). Essa postura da professora leva o Aluno 7 a procurar recursos para a defesa de sua idéia. No turno 74, fazendo uso de um conhecimento básico, o aluno tenta legitimar sua afirmação buscando uma aprovação da professora. Percebendo que este não é o melhor caminho, volta-se para os colegas tentando convencê-los nos turnos 76 e 78. Nessa tentativa de se fazer ouvir, o Aluno 7 vai elaborando argumentos mais completos a cada intervenção: “o ar tava querendo se espalhar”; “menos denso não é uma molécula tá mais longe da outra? O ar tá ocupando mais espaço”; “vocês concordam comigo que as moléculas tão mais afastadas? então ... tá ocupando mais espaço”.

79. *P.*: “ele se expandiu ou ele subiu?”
80. *Aluno 3*: “tá subindo...”
81. *Aluno 15*: “ele se expande”
82. *Alunos*: “expande”
83. *Aluno 7*: “ele se expande pra todos os lados...”  
[discussão inaudível]
84. *Aluno 12*: “ele se expande ... ele tá querendo sair”
85. *Aluno 7*: “... pra cima é mais fácil”



86. P. “quer dizer que aqui [Erlenmeyer] não tem ar?”
87. Turma: “TEM AR”
88. Aluno 21: “só que ele tá subindo”
89. Aluno 3: “coloca de lado”
90. Aluno 7: “professora... coloca de lado [o arranjo] pra ver o que acontece” [comentários]

Apesar de todos os apelos do Aluno 7, a professora continua mantendo a postura de questionamento – “ele se expandiu ou ele subiu?”. No turno 80, o Aluno 3 se posiciona a favor da idéia de que o ar está subindo, tendo mantido essa posição desde o início da demonstração. Já o Aluno 15 muda de idéia mais uma vez no turno 81, enquanto o Aluno 7 volta a argumentar no turno 83 – “ele se expande pra todos os lados”.

O envolvimento da turma continua intenso e os alunos começam a tentar justificar para a professora o uso das duas idéias “subir” e “expandir”, que para eles se complementam – “ele se expande ... ele tá querendo sair” (turno 84); “pra cima é mais fácil” (turno 85).

Enquanto isso a professora continua dando espaço para que os alunos discutam entre si, limitando-se a repetir sempre a mesma questão (turno 79) ou insistir numa interpretação rigorosa daquilo que estão falando – “quer dizer que aqui [Erlenmeyer] não tem ar?”. Essa postura tem como resultado um envolvimento cada vez maior dos alunos, que buscam argumentos para convencê-la, chegando a ponto de sugerirem a realização de um teste experimental para solucionar a questão (turnos 89 e 90). Verifica-se aí um salto na argumentação dos alunos. Já que a professora não aceita suas justificativas, estes procuram buscar na experimentação evidências para sustentar suas afirmações.

91. P. “se o ar... tá subindo \_\_\_\_\_ se eu colocar assim” [de cabeça para baixo]
92. Aluno 7: “\_\_\_\_\_” [inaudível]
93. Aluno 4: “a bexiga vai estourar”
94. P. “eu vou pôr bem longe pra ela não estourar... mas com a bexiga ia acontecer o quê?”
95. Aluno 4: “nada”  
[discussão inaudível]
96. Aluno 15: “ela ia esvaziar... se o ar tivesse subindo ela ia esvaziar...”

97. P. “...se o ar tivesse subindo ela deveria tá esvaziando...”
98. Aluno 15: “mas o ar não tá subindo... ele tá se expandindo... então ela não vai esvaziar...”
99. Alunos: “ah...”
100. P. “certo... se o ar tivesse só subindo... ele agora esvazia... como ele ainda tá quente... ele deveria inverter... né?”
101. Aluno 2: “professora...”
102. P. “ah...”
103. Aluno 2: “não é o caso das moléculas [inaudível]... é esse o caso?”
104. P. “é: o que tava em dúvida aqui... vem a ser o seguinte... se o ar saiu daqui [Erlenmeyer] e veio pra cá [bexiga] ... como se fosse na Convecção – o ar quente fica menos denso ... sobe – ou se o ar se espalhou – se o ar que tava aqui agora tá aqui E aqui e tá ocupando mais espaço”.
105. Aluno 5: “é isso que tá acontecendo”

Ao longo de todo o processo, enquanto a professora insistia em mostrar que duas interpretações diferentes podiam ser derivadas das explicações dos alunos, estes procuravam convencê-la de que as palavras que utilizavam eram complementares. Havia um confronto entre o rigor no emprego de determinados termos, inerente ao pensamento científico, e a displicência característica do pensamento cotidiano. Essa diferença entre o discurso da professora e o dos alunos, porém, foi sendo minimizada à medida que o tempo foi passando e a discussão foi se tornando cada vez mais envolvente. A postura instigadora da professora foi levando cada vez mais alunos a participar e argumentos mais completos começaram a ser construídos, incluindo o emprego de conhecimento básico e a proposição de um teste experimental.

Esse último aspecto foi muito marcante na evolução dos argumentos dos alunos. É importante observar que somente nos turnos 96 e 98, após uma ampla discussão e em posse de uma evidência experimental, um dos alunos apresentou uma refutação para as explicações sustentadas pela afirmação “o ar quente sobe”, diferenciando claramente o que se entende por “subir” e “expandir”. Somente após esta refutação ter sido construída e após um grande envolvimento de toda a classe, a professora deu um *feedback* avaliativo para os alunos – “certo ... se o ar tivesse subindo ... ele agora esvazia ... como ele ainda tá quente ... ele deveria inverter, né?” – e explica claramente por que a explicação

refutada era inadequada. — “É o que tava em dúvida aqui... vem a ser o seguinte: se o ar saiu daqui [Erlenmeyer] e veio pra cá [bexiga]... como se fosse na Convecção — o ar quente fica menos denso ... sobe — ou se o ar se espalhou — se o ar que tava aqui agora tá aqui. E aqui e tá ocupando mais espaço”.

Nesse episódio, portanto, a mediação entre os pensamentos científico e cotidiano foi feita por meio de uma postura instigadora da professora, fornecendo um amplo espaço para a participação dos alunos com argumentos e, ao mesmo tempo, acrescentando sua interpretação para os mesmos e estimulando sua reformulação. Com exceção do início da demonstração em que empregou um padrão IRF avaliativo, na maior parte do episódio a professora manteve um espaço para a livre participação dos alunos, utilizando em alguns momentos um padrão IRF elicitativo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em primeiro lugar, observamos na fala da professora indícios da cultura científica quando ela enfatizou a necessidade de emprego de termos adequados nas explicações, as diferentes etapas do processo de construção de uma explicação e o rigor na interpretação de afirmações nas discussões (turnos 40, 54, 71 e 88).

Os aspectos relacionados anteriormente foram trabalhados pela professora por meio de diferentes gêneros discursivos presentes na aula. No transcorrer da sequência analisada, foram identificadas situações com e sem a presença do padrão IRE. No início, esse padrão apresentou-se numa tendência avaliativa, que serviu ao propósito de apresentação dos materiais da demonstração. Já na fase de construção de explicações para o fenômeno em questão, o padrão IRF foi rompido na maior parte do tempo e nos momentos em que esteve presente foi predominantemente elicitativo. Isso possibilitou a criação de um clima de grande envolvimento dos alunos, um espaço para exposição de suas idéias sobre o fenômeno, com o estabelecimento de uma polémica entre dois tipos de explicação, que acabou conduzindo os mesmos a procurarem meios de aperfeiçoar seus argumentos.

Ao longo do episódio, a argumentação dos alunos foi se transformando; observamos que suas primeiras intervenções foram sempre caracterizadas por argumentos incompletos e que o aperfeiçoamento desses argumentos pode ser

relacionado tanto aos diferentes momentos da atividade quanto às formas de intervenção empregadas pela professora.

A demonstração investigativa apresentando um problema a ser respondido pelos alunos impulsionou uma discussão envolvente, em que cada um precisou buscar recursos para sustentar suas afirmações. A postura da professora também foi determinante no incremento da qualidade desses argumentos. Sem dar resposta para a questão e, ao contrário, insistindo na criação de uma polémica entre as afirmações apresentadas, a professora levou os alunos não somente a construírem explicações causais para o fenômeno estudado, medianamente argumentos com justificativa e emprego de conhecimentos básicos, como também fez com que chegassem a solicitar um teste experimental para a obtenção de mais evidências para a defesa de suas idéias, que culminou na construção de uma refutação.

A identificação, por meio da análise do discurso, das diferentes posturas que costumam ou podem ser assumidas pelo professor em sala de aula tem por objetivo a compreensão dos papéis que ambas podem representar nas diferentes facetas do ensino, de modo que possa aperfeiçoá-lo. Com base nisso, o desálio fica em descobrir como utilizar adequadamente as contribuições que os estudos específicos de cada tendência podem fornecer nos diferentes aspectos da aprendizagem de Ciências. No presente caso, observamos que tanto a postura avaliativa quanto a elicitativa por parte da professora tiveram seus papéis no transcorrer de uma aula voltada para a ampla participação dos alunos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, A. M. P. et al. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 5, p. 556-576, 1999.
- DUSCHL, D. A., ELLENBOGEN, K. e ERDURAN, S., Promoting argumentation in middle school science classrooms: a project Septa. *Evaluation. Paper presented at the 1999 Nart Conference*, 1999.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J. e TSATSARELLIS, C. *Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom*. London: Continuum, 2001.

- MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: "Por que o gelo flutua na água?". *Encontro sobre teoria e pesquisa em ensino de Ciências*. Belo Horizonte, 1997.
- OSBORNE, J.; ERDURAN, S. e MONK, M. Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82 (301), 2001.
- SCOTT, P. e MORTIMER, E. F. Analysing discourse in the science classroom. In: LEACH, J.; MILLAR, R. e OSBORNE, J. (Ed.) *Improving science education: the contribution of research*. Milton Keynes: Open University Press, 2000.
- SCOTT, P. e MORTIMER, E. F. Discursive activity on the social plane of high school science classrooms: a tool for analysing and planning teaching interactions. *Paper presented at the 2002 AERA Annual Meeting, New Orleans, USA, as part of the BERA invited symposium: developments in sociocultural and activity theory analyses of learning in schools*, 2002.
- SIEGEL, H. Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, 17 (2), p. 159-176, 1995.
- TOULMIN, S. *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

## CAPÍTULO 5

## A RELAÇÃO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Andréa Infantes Vannucchi

### INTRODUÇÃO

**N**as propostas atuais de ensino de Ciências, em que se pretende alcançar um ensino que leve os alunos a construírem o seu conhecimento mediante uma integração harmônica entre os conteúdos específicos e os processos de produção desse mesmo conteúdo, a introdução de atividades que discutam os problemas de Ciência, Tecnologia e Sociedade (C/T/S) tem um lugar de destaque.

Eles são importantes para passar uma imagem correta da produção do conhecimento em áreas específicas, pois o trabalho de homens e mulheres de ciência – como qualquer outra atividade humana – não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, e se vê diretamente afetado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, do mesmo modo que sua ação tem clara influência sobre o meio físico e social em que se insere (Carvalho e Gil, 1993).

Preparar, então, os nossos professores em atividades que discutam o papel dos cientistas na construção do conhecimento, sendo influenciado e influenciando a sua sociedade e a tecnologia influenciando nas descobertas científicas e/ou sendo fruto desse mesmo trabalho é uma das funções de nossos cursos de formação.