

Solução de problemas experimentais em aulas de ciências nas séries iniciais e o uso da linguagem cotidiana na construção do conhecimento científico¹

Solution of practical problems in science classes in the early grades and the use of everyday language in the construction of scientific knowledge

Paulo César de Almeida Raboni

FCT – UNESP – Presidente Prudente
raboni@fct.unesp.br

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Faculdade de Educação - USP
ampdcarv@usp.br

Resumo

Na presente pesquisa, investigamos o uso da linguagem por alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental durante a realização de atividades experimentais (práticas) no contexto das Sequências de Ensino por Investigação (SEI). Nossas análises são fundamentadas na Teoria da Enunciação, de Mikhail Bakhtin. Partimos do fato dos alunos possuírem um vasto repertório de palavras cujos sentidos são permanentemente construídos em situações concretas da vida cotidiana, e que usam fluentemente essas palavras, com sucesso, para comunicar suas idéias em situações igualmente concretas. A articulação dessas palavras e a referência que fazem aos fenômenos observados em aula estão na base do conhecimento que o aluno traz da vida cotidiana. Conhecer e explorar essa capacidade de expressão e argumentação dos alunos parece-nos ser não apenas uma alternativa para o ensino de ciências, mas uma condição para a adequada valorização dos conhecimentos prévios e para a superação dos mesmos.

Palavras-chave: seqüências de ensino por investigação, ensino de ciências, argumentação, atividades experimentais, séries iniciais.

Abstract

In this research we investigated the use of language by students in the early grades of elementary school while carrying out practical activities in the context of inquiry-based teaching sequences (SEI). Our analysis are based on the Theory of Enunciation of Mikhail Bakhtin. We assume that students have a wide repertoire of words whose meanings are permanently built in concrete situations of everyday life, and they use these words fluently, successfully, to communicate their ideas in also concrete situations. The articulation of these

¹ Este trabalho é parte de uma pesquisa de pós-doutorado desenvolvida na FEUSP, sob supervisão da Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho entre dezembro de 2012 e julho de 2013.

words and the reference they make to the phenomena observed provide the base to the knowledge that the student brings from everyday life. To know and explore this capacity of expression and argumentation of the students seems to us to be not only an alternative to the science education, but a condition for the proper valuation of previous knowledge and to overcome it.

Keywords: inquiry-based teaching sequences, science education, argumentation, experimental activities, early grades.

Linguagem e ensino de ciências

Os estudos sobre os usos da linguagem no ensino de ciências ocupam hoje uma das dimensões mais importantes da pesquisa, e é uma das áreas que tem atraído muita atenção, pois interage diretamente com aspectos da alfabetização e do letramento, cruciais na escolarização. Pesquisas e propostas de ensino sobre “alfabetização científica” (LEMKE, 1998; NORRIS & PHILLIPS, 2003) já são feitas há mais de uma década, e dão a dimensão da importância da linguagem no ensino de ciências.

A multiplicidade de enfoques dos estudos da linguagem aplicados ao ensino de ciências também oferece uma perspectiva do alcances e da importância dessas questões. Entre os enfoques mais importantes podemos citar as pesquisas sobre argumentação (CAPECCHI e CARVALHO, 2000; NIELSEN, 2011; SARDÁ JORGE & SANMARTÍ PUIG, 2000; YERRICK, 2000; OSBORNE, ERDURAN, SIMON, 2004; SASSERON e CARVALHO, 2011), sobre o uso de analogias (NARDI e ALMEIDA, 2006) e sobre interações verbais em sala de aula (MORTIMER, 2000).

Aprender ciências é, em boa medida, aprender as linguagens da ciência, utilizadas na produção e na divulgação do conhecimento científico. Se toda aprendizagem se dá a partir de conhecimentos anteriores, as linguagens da ciência são construídas sobre a base fornecida pela linguagem cotidiana, já de domínio das crianças quando ingressam no ensino formal. Mas ao mesmo tempo, são construídas “contra” a linguagem cotidiana, buscando especificidades, unificação de sentidos e estruturação crescente. Nesse sentido, buscamos aqui uma compreensão das relações entre linguagem cotidiana e conhecimento científico, a partir da resolução de problemas presentes em situações que envolvem a experimentação. A nosso ver, essa compreensão pode auxiliar professores e pesquisadores no acompanhamento da aprendizagem de ciências por crianças nas séries iniciais do Ensino Fundamental.

Palavras de uso cotidiano e conhecimento científico

A aprendizagem em geral, e a de conceitos científicos, é um processo lento. Um conceito científico quando ensinado na escola apenas começou seu desenvolvimento no intelecto do estudante, não sendo possível esperar o seu domínio completo em curtos intervalos de tempo (VIGOTSKI, 2001). Em geral o desenvolvimento completo de uma estrutura conceitual ocupa anos de ensino e de estudo sistemáticos e deliberados, e mesmo nesses casos, não há garantia de que substitui e suplanta completamente as formas anteriores de pensamento (MORTIMER, 1996). Mortimer propõe a noção de perfil conceitual, segundo a qual as novas formas de pensar coexistem com as antigas formas, e o conhecimento científico é construído dialeticamente, a partir das formas anteriores, mas ao mesmo tempo contra elas (BACHELARD, 1996), em um processo tanto de continuidade quanto de ruptura. Afirma

Bachelard: “É preciso, pois, aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico”.

Dos trabalhos que buscam um entendimento das complexas relações entre linguagem científica e linguagem cotidiana, destacamos o de Mortimer et al (1998) e o de Marin e Terrazzan (1997). No primeiro, os autores fizeram um mapeamento das estruturas da linguagem escrita utilizada por vestibulandos. As análises revelam que eles não fazem uso generalizado da linguagem científica, recorrendo a formas narrativas de discurso. No segundo estudo, os autores apontam a necessidade de utilização da linguagem cotidiana no ensino de ciências para crianças, dada a dificuldade de trabalhar com a linguagem científica. Nesse caso o professor atua como mediador entre essas duas formas de conhecimento.

Assumindo como uma das principais diferenças entre conceitos científicos e conceitos cotidianos a estrutura existente nos primeiros e a quase inexistência de estrutura nos últimos, onde prevalecem as relações entre palavras e objetos/situações, investigamos o potencial do uso de palavras do cotidiano por crianças, em situações envolvendo problemas experimentais (práticos) presentes em Sequências de Ensino por Investigação (SEI) (CARVALHO, 2013), para a construção do pensamento científico. Dito de uma outra forma, o que caracteriza o pensamento científico são as relações entre os conceitos, mais do que o emprego de palavras especiais, e como decorrência, apenas o aprendizado de palavras novas e diferentes das comuns não garante nenhum tipo de aprendizagem.

Assim, analisamos situações em que as crianças, em aulas de ciências, empregam palavras do seu vocabulário comum para interpretar fenômenos. Nossa hipótese é de que essas relações entre palavras comuns, manifestadas em correspondência a objetos e fatos presentes em fenômenos observados, conferem ao pensamento do aluno uma estrutura, em alguns aspectos semelhante à da ciência.

Essa abordagem tem como fundamentação teórica os trabalhos de Vigotski, em especial o desenvolvimento que faz no capítulo 6 de “A construção do pensamento e da linguagem” (VIGOTSKI, 2001) e nos de Bakhtin, com destaque para os conceitos de *réplica*, *tema* e *enunciação*, presentes em quase toda a obra, mas em especial em “Marxismo e filosofia da linguagem” (BAKHTIN, 2006).

Conforme tentaremos mostrar, o uso de atividades experimentais em aulas de ciências utilizadas para desencadear processos de ensino por investigação (CARVALHO et al, 1998) mobilizam o pensamento dos alunos e requerem a construção de pensamentos científicos verdadeiros, porque fortemente ancorados nas relações entre as palavras e entre essas e os fenômenos. Uma hipótese central na pesquisa aqui proposta é de que *é possível produzir conhecimento científico básico sem o emprego de palavras do jargão científico, pois o que caracteriza esse conhecimento são as relações entre as palavras/conceitos e entre as palavras e os objetos/referentes*. No entanto, aprender palavras novas que conferem novos sentidos à realidade observável, é uma das necessidades do ensino de ciências. Apesar disso, consideramos que é possível pensar melhor sem necessariamente aprender novas palavras, desde que sejam construídas situações que exijam novas relações entre palavras conhecidas e dessas com o real/referente. Da mesma forma, é possível resolver problemas experimentais sem o emprego de termos sofisticados, desde que às palavras utilizadas e às suas relações correspondam objetos/elementos da realidade e as relações entre estes.

No complexo movimento de compreensão da realidade, a palavra funciona como meio para formação do conceito e, posteriormente, torna-se seu símbolo (VYGOTSKY, 2001). Da mesma forma que a mão separa objetos da realidade, o pensamento, através da palavra, destaca elementos de um todo ainda disforme e sem ordem, para organizá-lo segundo as estruturas da linguagem, nas quais as palavras encontram sentidos (LEFEBVRE, 1995). Dito

de outro modo, uma palavra dirigida a um fenômeno, mesmo quando de forma incorreta, representa um movimento de pensamento que destaca um detalhe do todo, que isola um elemento de uma totalidade em processo de compreensão.

A compreensão de enunciados completos, não apenas de palavras isoladas, requer a construção das relações que as palavras mantêm entre si. E essas relações (causa/conseqüência, inclusão/exclusão etc.) podem encontrar suporte nas relações reais entre objetos e variáveis presentes nas atividades experimentais que, via de regra, são os referentes últimos dos enunciados científicos. As relações de causalidade, por exemplo, e de dependência entre variáveis – “aumentando aqui diminuimos ali” – são construídas a partir das sucessivas retificações do modelo confrontado com a realidade objetiva.

Seqüências de Ensino por Investigação

Derivadas de pesquisas em desenvolvimento pelo LaPEF há mais de 15 anos (CARVALHO et al, 1998), as Seqüências de Ensino por Investigação (SEI) sintetizam uma série de trabalhos realizados em sala de aula no ensino de ciências para as séries iniciais do Ensino Fundamental.

São várias as dimensões a serem atendidas para que uma proposta de ensino tenha consistência interna e seja coerente com as principais linhas de pesquisa sobre educação e ensino de ciências. Esse é o caso da proposta das Seqüências de Ensino por Investigação, e sobre as dimensões envolvidas bem como as características particulares da proposta falaremos na seqüência.

Uma das dimensões é a cognitiva, que abre perspectivas sobre como se dá a aprendizagem. Além disso, ensinar ciências requer a introdução do aluno no universo das ciências, pela incorporação de diversas linguagens e por formas específicas de abordagem de problemas, também específicos. Trata-se de um processo complexo que tem sido adequadamente denominado “alfabetização científica” (NORRIS e PHILLIPS, 2003; CACHAPUZ et al., 2011), e em especial por CARVALHO (2013).

São basicamente três tipos de atividade que caracterizam as SEI: 1. a problematização inicial, 2. a sistematização da resolução do problema, 3. a contextualização do conhecimento. A problematização inicial quase sempre é feita por meio de uma atividade experimental, que tem como principal característica deixar claro para o aluno um problema a ser resolvido. Durante a resolução do problema, os alunos trocam idéias e testam suas hipóteses.

Na fase de sistematização do problema, recomenda-se a leitura de um texto sobre o tema da atividade, durante a qual os alunos irão pensar sobre o que fizeram e sobre as explicações que deram sobre os fenômenos observados, comparando os resultados obtidos com as informações do texto.

Numa terceira fase os alunos buscam relacionar os conhecimentos produzidos e algumas situações do dia a dia. É uma forma de contextualização importante, pois os alunos podem constatar a aplicação prática das idéias científicas, além de perceberem a necessidade de outros conhecimentos e dos aprofundamentos necessários.

Esse ciclo de atividades forma um padrão sempre presente nas SEI. Porém muitas delas requerem vários ciclos. São seqüências de atividades dentro de uma grande seqüência que dá sentido ao conhecimento desenvolvido.

As análises aqui brevemente apresentadas tiveram como objeto uma seqüência proposta a alunos do quarto ano, na qual as autoras discutem a distribuição do peso para manter uma embarcação estável, apresentam um panorama histórico das embarcações, assim como os

tipos de embarcações e suas funções. A partir dessa temática, discutem o mecanismo da água de lastro utilizado pelas embarcações e suas implicações ambientais, levando os alunos a refletirem sobre o processo de extinção de alguns animais e de superpopulação de outros. (CARVALHO et al, 2011)

As atividades experimentais investigativas presentes nas SEI possuem, por sua vez, uma seqüência própria. Os problemas presentes nessas atividades permitem que se obtenha uma solução prática. Entende-se por solução prática a obtenção de um resultado a partir da ação sobre os objetos, sem que sejam necessariamente conhecidas as explicações sobre os acontecimentos, ou em particular, os fenômenos observados.

As etapas de uma aula sob essa denominação são as seguintes (CARVALHO et al, 1998):

1. Apresentação do problema pelo professor
2. Os alunos agem sobre os objetos para ver como eles reagem
3. Os alunos agem sobre os objetos para obter o efeito desejado
4. Os alunos tomam consciência de como foi produzido o efeito desejado
5. Os alunos dão explicações causais
6. Os alunos registram tudo o que fizeram, escrevendo e desenhando
7. Professor e alunos relacionam a atividade com o cotidiano

Apesar da importância do conjunto das etapas desenvolvidas pelos autores, para os propósitos da pesquisa aqui descrita duas delas merecem atenção especial. Em primeiro lugar, a situação problema é apresentada na forma de atividade experimental, que requer do aluno um conjunto de ações sobre os materiais. Em segundo lugar, além do estímulo que essa ação promove, durante as ações sobre os objetos os alunos trocam comentários e se orientam a si mesmos e uns em relação aos outros através de enunciados. Ou seja, eles falam, e falam porque sempre tem algo a dizer a respeito do que estão fazendo. E isso é de extrema importância, tanto para o desenvolvimento das capacidades cognitivas quanto para a desenvoltura e a participação no coletivo da sala de aula. Nossas atenções de pesquisa estarão voltadas para essas duas ações combinadas: *o agir sobre os objetos e o falar sobre tudo o que observam e fazem.*

Nas falas os alunos utilizam os recursos verbais de que dispõem, provenientes quase sempre das situações cotidianas da vida, na qual estabelecem relações diretas (físicas) com os objetos e também relações mediadas pela cultura (sociais).

Metodologia da pesquisa

As situações de ensino e de aprendizagem por nós investigadas são muito complexas e se apresentam em um fluxo dinâmico de falas e ações, para as quais a pesquisa qualitativa se mostra mais eficaz no levantamento e na análise dos dados. Dada a rapidez com que ocorrem as falas e a complexidade das situações, na coleta de informações foram utilizadas as gravações em vídeo, como propostas por Carvalho (2006) para as pesquisas em sala de aula.

As situações de ensino investigadas são as mesmas em estudo pelo LaPEF, no contexto do projeto “O Estudo da Promoção da Argumentação no Ensino de Ciências: da formação do professor à sala de aula” (CARVALHO, 2011). Nesse projeto, foram gravadas sistematicamente aulas de ciências com o enfoque de ensino por investigação. Nesta pesquisa, foram analisadas as gravações de oito aulas do segundo semestre de 2012, em uma classe de quarto ano na EMEF Jardim da Conquista, Perus, São Paulo.

Algumas das questões que orientaram esta pesquisa foram:

1. Durante a construção de conhecimentos por crianças, em aulas de ciências, em que “momento” ou sob quais indícios é possível dizer que há um genuíno pensamento científico?
2. O que é um genuíno pensamento científico?
3. Em que condições o pensamento científico se inicia?
4. É possível determinar quando ocorre a transição entre formas de pensamento denominadas cotidianas para formas científicas de pensamento?

Um exemplo de análise

Na sequência abaixo há um diálogo que mostra o processo de construção de sentidos para várias palavras, mas em especial para *equilíbrio/equilibrar*. Provavelmente é uma palavra pertencente ao vocabulário das crianças (equilibrar na bicicleta, no skate etc.), mas o sentido no contexto do experimento é diferente, em parte por pertencer a uma estrutura complexa da linguagem que faz referência a elementos verbais e não verbais presentes no experimento realizado.

Professora: e se os dois... de 60 e de 65 no barquinho... sentassem os dois do mesmo lado... o que que ia acontecer?

Vários alunos: o barco ia afundar

Professora: o barco ia afundar... então como é que eles tem que sentar lá no barco?

Aluno n.i.: um de um lado e outro de outro...

Professora: um de um lado e outro de outro... pra... por que?

Aluna: senão ia afundar... se ficasse de um lado ... o barco ia afundar pro lado (gesticulando)

Professora: e se ficasse um de cada lado... por que que não ia afundar?

Aluna: por causa que tem peso dos dois lados

Professora: ia equilibrar ... não é a mesma coisa das pecinhas?(lembrando dos resultados de uma outra atividade experimental realizada pelos alunos).

Fica muito clara a complexidade da construção de sentidos para uma palavra, que é ainda mais complexa por se tratar de um conceito. Nesse processo temos a palavra e sua pronúncia com todas as ênfases (tom de voz e pausas), os gestos que necessitam não só das mãos, a referência aos elementos não verbais (objetos) e aos processos não verbais (situação concreta vivenciada pelas crianças nas semanas anteriores). Segundo Bakhtin, o *tema* está plenamente constituído, tornando possível o diálogo e a compreensão. A compreensão é tanto da situação concreta descrita ou trazida pelo discurso, quanto das palavras contidas no discurso cuja compreensão se torna possível devido à situação concreta. Um rápido ajuste é feito entre as palavras e os elementos não verbais, um dando suporte ao outro, retificando permanentemente o sentido das palavras. A palavra/conceito em questão, *equilíbrio*, será novamente utilizada pela professora na última aula do projeto ao tratar do suposto equilíbrio entre presas e predadores em um ecossistema, e o desequilíbrio causado pela chegada de um elemento estranho ao meio (o mexilhão dourado). Esse conjunto de oito aulas constitui uma grande sequência com foco na investigação, e dentro dela outras pequenas seqüências de ensino que envolvem atividades experimentais que também dependem da investigação. Para a construção do conhecimento, vários conceitos são recuperados em diferentes aulas, com sentidos diferentes que enriquecem o significado da palavra, levando a construção do conceito.

Alguns resultados e Considerações Finais

As análises mostram que a utilização de atividades experimentais no contexto das SEI coloca os alunos frente a problemas que assumem como deles, exigindo a elaboração de explicações sobre os fenômenos presentes. Nessas explicações os alunos utilizam palavras do vocabulário comum, porém estabelecem entre elas relações que conferem aos enunciados uma estrutura, buscando dar sentido aos acontecimentos da realidade material investigada. Essa estrutura não contém todos os elementos de uma teoria científica, não podendo portanto ser caracterizada como ciência. No entanto estão presentes relações de causalidade que correspondem aos elementos não verbais da experimentação.

Além dessas articulações, nota-se uma intensa troca entre os alunos, e as apropriações das palavras alheias (BAKHTIN, 2006) para estabelecer relações entre os efeitos e objetos. Não há, no entanto, linearidade nessas apropriações. Em muitos casos observa-se o resgate de palavras utilizadas em aulas anteriores, indicando continuidade dos movimentos de pensamento no grupo, e não apenas individualmente (ROTH, 2012). Um outro aspecto importante a destacar é a evolução do grupo percebida a partir da complexidade que os enunciados ganham com o desenvolvimento das aulas, ressaltando o papel exercido pelo meio social e cultural na constituição dos indivíduos.

Também está presente um procedimento científico amplamente utilizado, baseado na regularidade do fenômeno: a experimentação para colocar em prova uma hipótese ou um modelo. Isso é altamente relevante quando se considera a necessidade de trabalhar nas aulas não apenas os conteúdos e conhecimentos, mas também procedimentos utilizados na produção do conhecimento científico. Nesse sentido, fazer a atividade antes de aprender a teoria, ou uma teoria, se aproxima mais da produção da ciência pois promove a problematização seguida da elaboração de explicações, e eventualmente, à repetição do experimento para testar as hipóteses levantadas.

Referências

- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 12a. ed. São Paulo: Hucitec, 2006.
- CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3a. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. O uso do vídeo na tomada de dados: pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. **Pro-Posições**, v. 7, n. 1(19), p. 5–13, mar. 1996.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENGAGE Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Investigar e aprender: ciências**, 4o ano. 1. ed. São Paulo: Sarandi, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.
- CAPECCHI, M. C. V.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento

físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 171–189, 2000.

LEFEBVRE, H. **Lógica Formal Lógica Dialética**. 6. ed. São Paulo: Civilização Brasileira, 1995.

LEMKE, J. Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. **Linguistics and education**, v. 10, n. 3, p. 247–271, 1998.

MARIN, E.B.; TERRAZZAN, E.A. Linguagem cotidiana e linguagem científica no ensino de ciências nas séries iniciais. **Cadernos Cedes**, ano XVIII, n.41, julho/97.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20–39, 1996.

MORTIMER, E.F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Investigações em ensino de ciências**, v. 3, n. 1, p. 1–13, 1998.

NARDI, R.; ALMEIDA, M.J.P.M. (Orgs.). **Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência: a sala de aula em estudo**. São Paulo: Escrituras, 2006.

NIELSEN, J. A. Dialectical Features of Students' Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. **Research in Science Education**, v. 43, n. 1, p. 371–393, 27 nov. 2011.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. **Science Education**, v. 87, n. 2, p. 224–240, mar. 2003.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the quality of argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 10, p. 994–1020, dez. 2004.

ROTH, W.-M. Science of learning is learning of science: why we need a dialectical approach to science education research. **Cultural Studies of Science Education**, v. 7, n. 2, p. 255–277, 17 jan. 2012.

SARDÁ JORGE, A.; SANMARTÍ PUIG, N. Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 405–422, 2000.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 97–114, 2011.

VIGOTSKI, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YERRICK, R. K. Lower Track Science Students' Argumentation and Open Inquiry Instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 8, p. 807–838, 2000.