UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS
Pós-Graduação em Físico-Química – Área: Físico-Química

**ANÁLISE DE EXPERIMENTOS QUE ENVOLVEM QUÍMICA
PRESENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DE 1ª A 4ª
SÉRIES DO ENSINO FUNDAMENTAL AVALIADOS NO PNLD/2007**

Rafael Cava Mori

SÃO CARLOS
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS
Pós-Graduação em Físico-Química – Área: Físico-Química

**ANÁLISE DE EXPERIMENTOS QUE ENVOLVEM QUÍMICA
PRESENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DE 1ª A 4ª
SÉRIES DO ENSINO FUNDAMENTAL AVALIADOS NO PNLD/2007**

Rafael Cava Mori

Dissertação apresentada ao Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Físico-Química.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo.

SÃO CARLOS
2009

Autorizo a divulgação total ou parcial deste trabalho por qualquer meio (convencional ou eletrônico), para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

Autorizo também a reprodução total ou parcial, via impressão ou fotocópia.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob a exclusiva responsabilidade do autor.

São Carlos, 25 de maio de 2009.

Rafael Cava Mori.

À família, sempre.

*Aos inquietos que, nos últimos dois anos, têm
feito a diferença. Que continuem fazendo!*

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, que garantiu todas as condições para a realização deste trabalho.

Ao Instituto de Química de São Carlos, onde nasci e cresci como acadêmico.

Ao Centro de Divulgação Científica e Cultural, presente em minha vida desde a infância. Foi lá que este trabalho se iniciou e somente isso já justificaria o agradecimento. Para minha sorte, tenho ainda mais motivos para agradecer.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal de São Carlos, responsável por grande parte de minha formação.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À família e aos amigos, pelo apoio e compreensão diante de minhas ausências e de meus momentos de péssimo humor, durante estes dois anos de mestrado.

Ao professor Aprigio, pela orientação segura, pela confiança depositada e pela amizade inestimável. Sou especialmente grato à autonomia que me concedeu para o trilhar deste caminho, o que fiz com minhas próprias pernas, mas que não teria sido possível sem que me apontasse a direção.

Aos professores da Universidade Federal de São Carlos: Alice Pierson, Cármen Passos, Denise de Freitas e Vânia Zuin, do Programa de Pós-Graduação em Educação, cujos conselhos e orientações foram de grande importância para este trabalho; e Luiz Henrique Ferreira, do Departamento de Química, pela análise crítica do trabalho na etapa equivalente ao exame de qualificação e pelos generosos conselhos e sugestões em tantas outras ocasiões.

Às professoras da Universidade de São Paulo: Miriam Utsumi, do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, por suas aulas, pela amizade e pelos conselhos; e Cibelle Celestino Silva, do Instituto de Física de São Carlos, por suas aulas e pela disposição em nos auxiliar, desde a época em que esta dissertação não era mais que uma monografia de conclusão de curso.

À professora Perciliana Pena, da Universidade Paulista, pela valiosa ajuda e pela colaboração.

Aos trabalhadores do Instituto de Química de São Carlos e às suas lutas diárias em prol desta instituição.

Aos trabalhadores do Centro de Divulgação Científica e Cultural, pela convivência e pela amizade.

NA FALTA DE UMA EPÍGRAFE...

"O QUE SABEMOS SOBRE O LIVRO DIDÁTICO NO BRASIL"

SEGUNDO OS ACADÊMICOS...

"HÁ DISPOSIÇÃO LINEAR DE INFORMAÇÕES, FRAGMENTAÇÃO DO CONTEÚDO, TRANSMISSÃO DE UMA VISÃO ANTROPOCÊNTRICA DA NATUREZA..."

SEGUNDO A GRANDE MÍDIA...

"COM TODA ESSA DOUTRINAÇÃO COMUNISTA, SÃO OBRAS QUE COMPROMETEM SERIAMENTE O FUTURO DE NOSSA JUVENTUDE!"

SEGUNDO AS EDITORAS...

"QUEM DISSE QUE NÃO É POSSÍVEL LUCRAR COM A VENDA DE LIVROS NO BRASIL?"

SEGUNDO O GOVERNO...

"NUNCA NA HISTÓRIA RECENTE DESTE PAÍS SE INVESTIU TANTO NA COMPRA DE LIVROS DIDÁTICOS PARA AS ESCOLAS!"

ENQUANTO ISSO, DOIS PÓS-GRADUANDOS INICIAM UMA PROFUNDA DISCUSSÃO SOBRE A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO...

- ENTÃO VOCÊ ANALISA LIVROS DIDÁTICOS NO SEU MESTRADO?
- 37 COLEÇÕES!
- E...?
- COM SORTE, DEVE DAR UNS DOIS ARTIGOS!

CONTINUA...

RESUMO

MORI, R. C. **Análise de experimentos que envolvem Química presentes nos livros didáticos de Ciências de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental avaliados no PNLD/2007.** 2009. 202 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Este trabalho analisa experimentos que envolvem transformações químicas propostos em livros didáticos de Ciências de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental. Os livros escolhidos foram aqueles avaliados no Programa Nacional do Livro Didático - PNLD/2007. A análise enfatizou a caracterização do livro enquanto recurso didático com diversas funções nas situações de ensino e aprendizagem. Também considerou que a experimentação para o ensino de ciências pode ocorrer através de diversas modalidades. As 37 coleções avaliadas no PNLD/2007 (das quais 12 foram aprovadas nesta avaliação, estando atualmente em uso nas escolas públicas brasileiras) foram submetidas à Análise de Conteúdo, considerada um instrumento próprio para este tipo de estudo. Buscou-se, nestas coleções, pelas propostas de atividades experimentais (consideradas no sentido amplo, englobando também certas atividades práticas além de experimentos propriamente ditos) em que a ocorrência de transformações químicas (entendidas como interconversões de compostos) estivessem integradas aos procedimentos experimentais necessários para o desenvolvimento das atividades. A análise dos livros didáticos revelou a presença de 403 propostas de atividades, as quais foram classificadas quanto ao grau de participação exigido aos estudantes e quanto a seu relacionamento com o ensino da ciência química propriamente dita. Os resultados apontam para uma presença reduzida de atividades que exigem dos estudantes mais do que a montagem dos instrumentos, as observações/coletas de dados e a apresentação de conclusões. São raras as atividades em que os alunos são solicitados a planejar experimentos e mais raras ainda as que valorizam a elaboração de hipóteses. Ainda, a maioria dos livros não integra estas atividades a um ensino elementar de Química, utilizando-as principalmente para o ensino de princípios gerais de alguns fenômenos da natureza. Apesar de em geral as obras não terem apresentado características suficientes para garantirem um adequado ensino de Química através de atividades experimentais, as coleções aprovadas no PNLD/2007 tiveram desempenho melhor. Assim, este trabalho evidencia que esta avaliação oficial é positiva por garantir que os melhores livros, pelo menos quanto a suas contribuições para um ensino experimental de ciências e de Química, estejam de fato chegando a seus públicos-alvos. No entanto, devido às próprias características dos livros, observou-se que esta contribuição positiva do PNLD é limitada, pois não impede a presença, nas salas de aula, de livros que abordem certos tópicos do currículo de modo inadequado. Estes resultados reforçam a importância dos docentes para a superação destes problemas, desde que façam um uso crítico dos livros didáticos nas situações em que os empreguem.

Palavras-chave: livros didáticos. Experimentação no ensino. Química – ensino fundamental.

ABSTRACT

MORI, R. C. Analysis of experiments involving Chemistry in science teaching textbooks of 1st to 4th grades of elementary school evaluated on the PNLD/2007. 2009. 202 p.

Dissertation (Master's degree in Science)-Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

This work analyses experiments dealing with chemical transformations proposed in science teaching textbooks for 1st to 4th grades of elementary school. The textbooks chosen were that evaluated in the Brazilian Program of Textbooks (Programa Nacional do Livro Didático) – PNLD/2007. The analysis emphasizes the characterization of the textbooks as didactic resources with several functions on the teaching and learning practices. The analysis considered also that the experimentation in the science teaching may occurs through different approaches. The 37 collections evaluated in the PNLD/2007 (12 of them had been approved, presently distributed for the students of the Brazilian public schools) were submitted to a Content Analysis, considered as appropriated instrument for this kind of study. We sought, on these collections, for the proposals of experimental activities (considered in the broad meaning, including also some practical activities over the experiments strictly speaking) that considered the occurrence of chemical transformations (meant as interconversion of compounds) integrated to the experimental procedures necessary to the development of the activities. The analysis of the textbooks revealed the presence of 403 proposals which were classified considering the extent of participation required from the students for their execution and their relationship with the teaching of chemistry science strictly speaking. The results pointed out the presence of small number of activities that require the students more than the setting up equipments, observation and collection of data and writing the conclusions. There are rare the activities in which the students are asked to schedule the experiments and rarer those who value the proposal of hypotheses. The most of the books still do not integrate these activities to an elementary teaching of Chemistry, using them principally for the teaching of general aspects of some phenomena of the nature. In spite of in general the textbooks not to have presented sufficient characteristics to guarantee an appropriate teaching of Chemistry through experimental activities, the collections approved in the PNLD/2007 had better performance. So, this work shows up that this official evaluation is positive because of guaranteeing that the best books, at least as for their contributions for an experimental teaching of sciences and of Chemistry, are reaching in fact the students. However, due to the intrinsic characteristics of the books, it was noticed that this positive contribution of the PNLD is limited, since it does not avoid the presence, in the classroom, of books that present certain topics of the curriculum of unsuitable way. These results reinforce the importance of the teachers for the overcoming of these problems, since they do a critical use of the textbooks in the situations in which they employ them.

Keywords: textbooks. Experimentation for teaching. Chemistry – elementary school.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: quadro com as características dos guias do livro didático por edição do PNLD e por disciplina.	44
Figura 2: quadro sobre os períodos e/ou modalidades da experimentação no ensino de ciências e a importância dos domínios semânticos das palavras experimentar, experimentação, experiência e experimento.	77
Figura 3: possível representação esquemática da estrutura de atividades investigativas para o ensino de ciências..	87
Figura 4: instrumento para classificação de atividades experimentais de acordo com o grau de participação do estudante em sua condução (adaptado de Pella (1961)).	113
Figura 5: exemplo de atividade da categoria II (Coleção 1, 3ª série, p. 116).	115
Figura 6: exemplo de atividade da categoria II (Coleção 1, 3ª série, p. 116).	116
Figura 7: exemplo de atividade de registro integrada a uma atividade de categoria III (Coleção 11, 3ª série, p. 156).	116
Figura 8: exemplo de atividade da categoria II (Coleção 12, 3ª série, p. 177).	117
Figura 9: exemplo de atividade de registro integrada a uma atividade da categoria III (Coleção 3, 4ª série, p. 99).	117
Figura 10: exemplo de atividade destacável do manual do professor, da categoria II (Coleção 4, 4ª série, p. 80-81 do manual do professor).	119
Figura 11: exemplo de atividade de categoria II com explicação dada pelo livro, mas isolada do contexto da proposta de atividade (Coleção 9, 2ª série, p. 34).	120
Figura 12: exemplo de atividade da categoria IV (Coleção 12, 4ª série, p. 12-13).	121
Figura 13: exemplo de atividade da categoria V (Coleção 2, 4ª série, p. 4 do manual do professor).	121
Figura 14: gráfico dos percentuais de propostas de atividades em cada categoria de Pella, para os conjuntos de coleções.	123
Figura 15: gráfico do número médio de propostas das categorias IV e V de Pella para os conjuntos de coleções.	124
Figura 16: gráfico do número médio de propostas por volume de cada série e das razões entre as médias para os volumes aprovados e excluídos.	125
Figura 17: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções aprovadas.	126
Figura 18: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções excluídas.	127
Figura 19: gráfico do número médio de atividades de cada categoria de Pella por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries.	128
Figura 20: gráfico do percentual de ocorrência de atividades de cada categoria de Pella sobre o total de atividades de cada uma das quatro séries, nos conjuntos das coleções aprovadas e excluídas.	128
Figura 21: atividade da categoria V proposta em um volume para a 2ª série (Coleção 7, 2ª série, p. 29).	129
Figura 22: atividade da categoria V proposta em um volume para a 2ª série (Coleção 7, 2ª série, p. 31).	130
Figura 23: atividade da categoria IV proposta em um volume para a 1ª série (Coleção 2, 1ª série, p. 137-138).	131

Figura 24: gráfico comparativo entre os resultados deste trabalho e os de Pena (2000), quanto aos percentuais de propostas de atividades analisadas que atendem às etapas do quadro de Pella.	132
Figura 25: exemplo de atividade da categoria II, da coleção 1 (3ª série, p. 145), com possíveis proposições explicativas do fenômeno a ser estudado antecipadas no cabeçalho da proposta.	135
Figura 26: reprodução parcial de proposta da categoria III, da coleção 4 (3ª série, p. 104).	137
Figura 27: exemplo de atividade da categoria A (coleção 9, 3ª série, p. 22).	144
Figura 28: exemplo de atividade da categoria A (coleção 6, 3ª série, p. 131-132).	145
Figura 29: exemplo de atividade da categoria B (coleção 6, 3ª série, p. 44).	146
Figura 30: exemplo de atividade da categoria B (coleção 4, 4ª série, p. 168).	147
Figura 31: exemplo de atividade da categoria D (coleção 8, 3ª série, p. 51).	148
Figura 32: exemplo de atividade da categoria E (coleção 3, 3ª série, p. 39 do manual do professor).	149
Figura 33: exemplo de atividade da categoria E (coleção 6, 3ª série, p. 42).	149
Figura 34: exemplo de atividade da categoria F (coleção 6, 3ª série, p. 40).	150
Figura 35: exemplo de atividade da categoria F (coleção 4, 4ª série, p. 56).	150
Figura 36: gráfico da distribuição das atividades do conjunto das coleções aprovadas, do conjunto das coleções excluídas e do total de coleções entre as categorias relacionadas ao ensino de Química.	151
Figura 37: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.	152
Figura 38: gráfico da distribuição percentual, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.	153
Figura 39: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções aprovadas.	155
Figura 40: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções excluídas.	155
Figura 41: gráfico do número médio de atividades de cada categoria relacionada ao ensino de Química por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries	156
Figura 42: gráfico do percentual de ocorrência de atividades de cada categoria relacionada ao ensino de Química sobre o total de atividades de cada uma das quatro séries, nos conjuntos das coleções aprovadas e excluídas	157
Figura 43: representação do perfil ideal para a distribuição das categorias relacionadas ao ensino de Química entre os volumes de cada série.	159
Figura 44: representação do perfil sem evolução para a distribuição das categorias relacionadas ao ensino de Química entre os volumes de cada série.	159
Figura 45: gráfico da distribuição das coleções entre os perfis de tratamento da Química através de atividades experimentais.	160
Figura 46: quadro da distribuição dos experimentos da categoria C entre as classes de fenômenos naturais de a a k	163
Figura 47: quadro da distribuição dos experimentos da categoria E entre as classes de fenômenos naturais de a a k.	166

Figura 48: quadro da distribuição dos experimentos da categoria E entre as classes de fenômenos naturais de a a k, considerando as contribuições dos manuais do professor.	168
Figura 49: exemplo de atividade em que há associação entre ocorrência de transformação química e irreversibilidade (Coleção 7, 2ª série, p. 27).	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: quantidade de propostas de atividades experimentais encontradas em cada volume das coleções aprovadas.	111
Tabela 2: quantidade de propostas de atividades experimentais encontradas em cada volume das coleções excluídas.	111
Tabela 3: número de propostas de atividades encontradas em cada um dos conjuntos de coleções.....	122
Tabela 4: distribuição das propostas de atividades conforme as categorias de Pella, quanto aos graus de participação do estudante.	123
Tabela 5: distribuição das propostas de atividades entre as séries, para cada conjunto de coleções.	125
Tabela 6: distribuição do número médio de propostas por volume de cada série e razões entre as médias para os volumes aprovados e excluídos.....	125
Tabela 7: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções aprovadas.	126
Tabela 8: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções excluídas.	126
Tabela 9: média de atividades de cada categoria de Pella por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries.	127
Tabela 10: comparação entre os resultados deste trabalho e os de Pena (2000), quanto aos percentuais de propostas de propostas de atividades analisadas que atendem às etapas do quadro de Pella.	132
Tabela 11: distribuição das atividades entre as categorias relacionadas ao ensino de Química, evidenciando a classificação para o conjunto das coleções aprovadas e para o das excluídas do PNLD/2007.	151
Tabela 12: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.	152
Tabela 13: distribuição percentual, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.....	153
Tabela 14: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções aprovadas.....	154
Tabela 15: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções excluídas.	154
Tabela 16: média de atividades de cada categoria relacionada ao ensino de Química, por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries.	156
Tabela 17: distribuição das coleções entre os perfis de tratamento da Química através de atividades experimentais.	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDCC	Centro de Divulgação Científica e Cultural
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IES	Instituições de educação superior
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
RASBQ	Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
COMO SURTIU A IDÉIA.....	17
BREVE DIGRESSÃO A RESPEITO DA PÓS-GRADUAÇÃO NA UNIVERSIDADE PÚBLICA	
BRASILEIRA.....	18
SITUANDO ESTA DISSERTAÇÃO NO CONTEXTO DAS PESQUISAS EDUCACIONAIS.....	21
FORMA E ESTRUTURA DESTE DOCUMENTO	23
 CAPÍTULO 1 - O LIVRO DIDÁTICO DE CIÊNCIAS	 25
1.1 FUNÇÕES DOS LIVROS DIDÁTICOS	26
1.1.1 Função referencial	27
1.1.2 Função instrumental	30
1.1.3 Função ideológica e cultural.....	32
1.1.4 Função documental	35
1.2 BREVÍSSIMO HISTÓRICO DO LIVRO DIDÁTICO DE CIÊNCIAS NO BRASIL	37
1.3 O ENSINO DE CIÊNCIAS E O PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO.....	41
1.3.1 A constituição do PNLD	42
1.3.2 O PNLD/2007 – Ciências	45
1.3.3 As críticas ao programa.....	47
1.4 A TÍTULO DE SÍNTESE.....	50
 CAPÍTULO 2 - A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS, I: Breve histórico e modalidades .	 52
2.1 BREVE ESTUDO SEMÂNTICO	53
2.2 PEQUENO HISTÓRICO	55
2.2.1 “Pré-história” da experimentação no ensino de ciências: experimentação na ciência.....	56
2.2.2 Momentos iniciais.....	60
2.2.3 A era dos projetos curriculares.....	63
2.2.4 A influência da psicologia comportamental	67
2.2.5 O movimento crítico e a virada cognitivista	69
2.3 DEMARCANDO UMA POSIÇÃO	73
2.4 A TÍTULO DE SÍNTESE.....	75
 CAPÍTULO 3 - A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS, II: Propostas atuais brasileiras.....	 78
3.1 PERIÓDICOS, REUNIÕES CIENTÍFICAS E PROJETOS INSTITUCIONAIS	79
3.1.1 Periódicos.....	80
3.1.2 Reuniões científicas	82
3.1.3 Projetos institucionais.....	83
3.2 LIVROS ESPECÍFICOS	87
3.2.1 A proposta “piagetiana” de Carvalho e colaboradores	87
3.2.2 A proposta “vigotskiana” de Gaspar.....	92

3.2.3 Outras propostas	96
3.3 LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS	97
3.4 A TÍTULO DE SÍNTESE.....	98
CAPÍTULO 4 - A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS, I: Pressupostos e procedimentos	101
4.1 CRITÉRIOS.....	102
4.1.1 Atividades de experimentação	102
4.1.2 Atividades que envolvam Química	103
4.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	106
4.3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	109
CAPÍTULO 5 - A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS, II: Resultados e discussões	110
5.1 GRAUS DE PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES NAS ATIVIDADES	112
5.2 CONTRIBUIÇÕES DAS ATIVIDADES AO ENSINO DE QUÍMICA	140
5.2.1 Sistema de categorias e classificação	140
5.2.2 Um olhar para a categoria C	161
5.2.3 Um olhar para a categoria E e para a importância do manual do professor	165
5.3 OUTROS ESTUDOS	169
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
6.1 CONCLUSÕES À LUZ DOS RESULTADOS.....	173
6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORGANIZAÇÃO E O FUNCIONAMENTO DAS ESCOLAS BRASILEIRAS	180
6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PAPEL DA UNIVERSIDADE PÚBLICA PARA A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES	183
REFERÊNCIAS	189
ANEXO - REFERÊNCIAS DOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS	201

APRESENTAÇÃO

O que faz com que os estudantes da educação básica passem a sentir aversão pelos conteúdos das disciplinas que tratam do conhecimento químico, de modo que, egressos do ensino médio, não compreendem os fundamentos da Química e não conseguem aproveitá-la para seu cotidiano?

Esta é uma questão ampla e mesmo a mais cuidadosa análise do cenário educacional brasileiro não seria suficiente para respondê-la de modo inequívoco. A própria pergunta já traz consigo uma série de pressupostos, que exigiriam longos momentos de reflexão. Por exemplo, pode-se questionar se não seria a própria Química uma ciência inerentemente difícil e/ou desinteressante para os estudantes. De qualquer forma, não temos dúvida de que esta aversão existe (estando inclusive já bem arraigada em nossa cultura e manifestada nos discursos de alunos, pais e mestres) e de que uma solução para este problema deva ser perseguida.

Deixando claro que, a nosso entender, a Química não é nem difícil nem desinteressante e que, com exceção deste comentário, preferimos evitar estas discussões (pois certamente exigiriam muito mais espaço do que dispomos), selecionamos um aspecto da educação em Química para estudar nesta dissertação. O que visamos é contribuir para, pelo menos, um esboço de resposta à incômoda pergunta que iniciou esta apresentação.

COMO SURTIU A IDÉIA

No primeiro semestre do ano de 2006, o autor, diante da necessidade de elaborar um trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em Química), recorreu ao seu atual orientador na tentativa de se engajar em algum projeto de pesquisa na área de Educação em Ciências.

Nesse momento surgiu a idéia de se avaliar as 37 coleções de livros didáticos de Ciências inscritas no Programa Nacional do Livro Didático – PNLD/2007.

Mas avaliar o quê, mais especificamente?

Diversos temas foram cogitados – entre eles, todas as partes referentes à Química nos livros ou mesmo os conteúdos sobre história e filosofia da ciência – e, desejando uma primeira indicação de qual deles seria mais frutífero para o trabalho que poderíamos desenvolver, realizamos um levantamento exploratório inicial. Este levantamento consistiu de uma busca página a página pelos temas de interesse para determinar qual ou quais deles seriam abordados em extensão ou profundidade suficiente, pelo conjunto das obras, para a elaboração de uma monografia de conclusão de curso que pudesse analisá-los.

Ao final do processo, houve um acordo de que o conjunto das propostas para a condução de experimentos que envolvessem reações químicas, nos livros aprovados, seria suficiente para uma análise do modo como a planejavamos. Assim, a monografia foi produzida, representando a primeira investida do autor no campo da Educação em Ciências.

Durante a etapa de defesa do trabalho, após ser perguntado por um dos membros da comissão avaliadora se a pesquisa poderia ter continuidade em nível de mestrado – e após o “sim” como resposta – foi sugerido que se buscasse, dali em diante, uma maior preocupação com a maneira como seriam expostos os produtos deste processo. Afinal, o trabalho em julgamento se assemelhava mais a uma descrição crítica dos livros didáticos em estudo do que a uma verdadeira pesquisa – com uma exposição mais clara dos referenciais teóricos, dos pressupostos epistemológicos que orientaram a escolha da metodologia utilizada, dos próprios resultados (através da seleção de um sistema de categorias adequado), etc.

Com estas indicações em mente, o curso de mestrado que deu origem a esta dissertação foi iniciado, lidando nossa pesquisa com os mesmos objetos de estudo de outrora, mas com uma amostra maior – as 37 coleções de Ciências inscritas no PNLD/2007, em vez do conjunto das 12 coleções aprovadas em tal avaliação. Da mesma forma, acreditamos dispor de critérios melhores e mais bem definidos para ter selecionado, entre os livros, as propostas de

experimentos que envolvessem reações químicas e para tê-las avaliado também. Assim, o presente trabalho se constitui como a evolução natural (e necessária) de uma primeira aproximação dos temas em estudo, ainda que esta evolução não seja capaz de blindá-lo de novas sugestões para aprimoramentos ou de indicações de eventuais falhas.

Convidamos a leitora ou o leitor a prosseguir pelas próximas páginas levando em conta o pouco da história contada acima e apreciando criticamente cada parágrafo. Tudo o que está aqui registrado é resultado de uma busca incansável pela superação de nossas limitações, que, apesar de nossos esforços, permanecem presentes, de modo mais ou menos implícito, em todo o trabalho.

BREVE DIGRESSÃO A RESPEITO DA PÓS-GRADUAÇÃO NA UNIVERSIDADE PÚBLICA BRASILEIRA

Atualmente, a universidade pública brasileira enfrenta sérios desafios.

Constituídas inicialmente para a formação dos quadros da elite dirigente do país, ao longo das últimas décadas as instituições de educação superior (IES) tiveram que repensar seu papel, agregando novos objetivos. A democratização da educação básica, levando a um número cada vez maior de egressos do ensino médio, tornou urgente a expansão de assentos no nível superior. A precarização da formação média, que a partir nos anos de 1970 se viu mais associada à formação profissional (ao menos em teoria), transferiu para a universidade a função de qualificar um grande contingente de indivíduos para o mercado de trabalho.

Surgiram assim duas das maiores aberrações da educação brasileira. Uma delas foi a proliferação incontrolada de IES privadas, dominando quantitativamente nosso sistema de formação superior, oferecendo, no entanto, cursos de qualidade no mínimo questionável, salvo raras exceções. A outra foi a “entronização” dos exames vestibulares, que passaram a reger a elaboração de currículos e a ser a medida do ensino e da aprendizagem na educação básica.

A consciência de que a universidade deveria garantir ensino de qualidade, desenvolver conhecimentos e contribuir para a eliminação das injustiças sociais (tripé ensino-pesquisa-extensão), no entanto, não foi suficiente para que medidas políticas fossem formuladas e postas em prática para a progressiva correção destas distorções. O que se vê é que, pelo contrário, as decisões políticas parecem ir ao encontro da manutenção dos privilégios ao setor

privado, que se beneficia com suas IES (seja pelas mensalidades cobradas aos alunos, seja por políticas de isenção fiscal) e com uma rede cada vez mais sólida de oferecimento de cursos e desenvolvimento de materiais didáticos comprometidos unicamente com as aprovações nos vestibulares.

Em nível de pós-graduação (considerada aqui no sentido restrito – *stricto sensu*), as IES públicas não enfrentam dilemas menos cruciais. A vigilância das avaliações institucionais colabora pouco para a criação e o estabelecimento de programas com propostas inovadoras, levando as instituições a se preocuparem demasiadamente com sua posição em uma espécie *ranking*. Por outro lado, há de se reconhecer que, sem uma avaliação, não há garantias de que os projetos de mestrado e doutorado estejam atingindo seus objetivos a contento.

Mas quais são mesmo estes objetivos?

Temos a impressão de que o atual conceito de pós-graduação, mesmo nas IES públicas brasileiras, quase sempre não ultrapassa a fronteira de três finalidades: para o caso das pesquisas ditas “aplicadas”, o desenvolvimento de tecnologias que serão incorporadas ao processo produtivo do setor privado, atingindo a sociedade somente através de mercadorias; para o caso das pesquisas ditas “fundamentais”, a constituição de conhecimento que, em última análise, tem como principal objetivo a perpetuação, isto é, o não-esgotamento de assuntos para estudos posteriores, mantendo a academia fechada em si mesma; e, para o caso de ambas as modalidades de pesquisa, a produção de documentos – teses e dissertações – que, junto com os diplomas, se constituem em meros atestados de conclusão dos cursos – isso sem se considerar os relatos de pesquisa encaminhados a congressos e periódicos, cuja produção constitui uma verdadeira “indústria do *paper*”.

Estas três finalidades compartilham algo em comum: todas estão vinculadas quase que exclusivamente com os *produtos* dos cursos de pós-graduação.

Em absoluto, não nos colocamos contra esta preocupação com resultados que, em última análise, se restringem ao âmbito do que é material e quantificável. Certamente, as tecnologias possuem uma grande importância e, atualmente, começam a ganhar força as preocupações com processos e invenções que atrelem eficiência produtiva, racionalização das matérias-primas, menor impacto ambiental e menores custos financeiros ao consumidor. Do mesmo modo, por mais que se critique a cultura da academia e sua relutância em descer da “torre de marfim”¹, não se pode esquecer que, sem certa rigidez e sem certas normas restritivas, o admirável estado da arte da produção científica atual estaria contaminado por

¹ Ou de abrir as portas da torre!

uma série de estudos apenas pretensiosamente científicos e de valor discutível. Ainda, as teses e dissertações, atualmente, parecem estar cada vez menos fatalmente destinadas à permanência em prateleiras pouco visitadas e aos anexos dos currículos de candidatos às vagas no mercado de trabalho: graças à iniciativa de muitas instituições, o acesso a estes documentos vem sendo facilitado; por exemplo, com um computador pessoal conectado à *internet*, já é possível ler o conteúdo de trabalhos defendidos há décadas, contando-se ainda com todas as vantagens que o processamento de informações digitais agrega a estas leituras. O mesmo se aplica aos relatos de pesquisa, que além de tudo, servem ao importante processo da comunicação científica, contribuindo para o estabelecimento de frutíferos diálogos entre pesquisadores.

O que criticamos não é a preocupação com os produtos da pós-graduação; é a excessiva ênfase dada – pelas instituições avaliadoras, pelas agências de fomento, pelas IES, pelo corpo docente e pelo próprio corpo discente – a estes produtos em detrimento de uma atenção maior ao seu *processo* gerador.

É um contra-senso que, apesar dos próprios regimentos dos programas de pós-graduação das IES públicas estabelecerem entre suas finalidades a *formação* dos mestrandos e doutorandos como pesquisadores, esta dimensão seja pouco valorizada e comumente desconhecida dos próprios pós-graduandos.

Essa visão *produtivista* contribui para subverter o sentido da própria pós-graduação e de suas etapas componentes: os créditos a serem obtidos em disciplinas obrigatórias e optativas são vistos como entraves para o desenvolvimento dos projetos, uma “chatices” sem importância; a revisão bibliográfica é encarada como um trabalho igualmente aborrecedor, porque infrutífero, apesar de necessário (para agradar à comissão avaliadora na etapa de defesa, obviamente); a divulgação de resultados em reuniões científicas acaba sendo, quando muito, mera recreação ou turismo; a autonomia de que o pós-graduando desfruta para organizar sua agenda de trabalho significa simplesmente “as horas em que decido ir ao laboratório”; e as etapas de redação e defesa do relatório final são superestimadas.

Ficam para trás todo o prazer que o contato com conhecimentos mais avançados pode proporcionar e todo o encantamento que o tornar-se pesquisador poderia oferecer àquele estudante que, como nunca antes, terá oportunidades de acesso não só à ciência da academia, mas também à sua produção artística e cultural.

Esta dissertação foi elaborada sem que estas discussões tenham se perdido de vista. O documento que a leitora ou o leitor tem à sua frente é um registro de um período de dois anos de mestrado, mas não muito mais do que isso. Sem dúvida, ter concluído esta dissertação nos

causou profunda alegria, já que, apesar dos defeitos que possa apresentar, consideramos sua qualidade muito satisfatória. Mesmo assim, é um relatório incompleto: este que é o produto mais palpável, mais facilmente avaliável e mais amplamente disponível ao exame crítico não deixa espaço para um registro mais fiel de todas as experiências e de todo o engrandecimento conquistado em dois anos de estudos e reflexões.

SITUANDO ESTA DISSERTAÇÃO NO CONTEXTO DAS PESQUISAS EDUCACIONAIS

Afirmamos que a pesquisa relatada nesta dissertação escolheu um aspecto da educação em Química para estudar desejando entender o porquê desta ciência ser tão pouco valorizada na escola – principalmente – e fora dela.

Vários aspectos poderiam ser explorados em um estudo com tal objetivo, mas nossa pesquisa abordou justamente um dos momentos da educação formal em Química mais carentes de investigação: o seu início. Ao menos no conjunto de trabalhos da área de Educação em Ciências, o ensino fundamental não vem recebendo uma atenção, por parte dos pesquisadores, proporcional ao contingente de alunos que o constituem (no Brasil, ainda permanece como o nível de escolaridade com o maior número de matrículas anuais). Há ainda menos trabalhos que se dedicam ao conjunto das séries iniciais, talvez por estes primeiros anos de escolaridade serem mais associados com os processos de alfabetização na língua materna e familiarização com a Matemática.

Mesmo se considerando o conjunto de trabalhos da área de Educação em Ciências, sobre o ensino fundamental, focando as séries iniciais, percebe-se que a Química praticamente não tem chamado a atenção dos pesquisadores, que preferem abordar temas sobre saúde e meio ambiente. Coincidentemente, são estes os assuntos mais facilmente reconhecíveis como integrantes dos currículos de ciências para o início da escolaridade. A informação de que a Química é um dos componentes curriculares das disciplinas de ciências geralmente causa certa surpresa até mesmo entre químicos! No entanto, este sentimento se desvanece com a lembrança de que nas séries iniciais várias classes de fenômenos químicos costumam ser apresentados, embora nem sempre identificados como Química: lá estão a fotossíntese, a fermentação, a decomposição da matéria orgânica, a oxidação dos metais, a combustão...

Como já afirmamos, nosso estudo também pertence à categoria de pesquisas sobre o livro didático brasileiro. Comentaremos mais adiante algumas das características desta produção científica, mas podemos identificar, neste momento, mais um aspecto em que este trabalho se diferencia de seus congêneres. Enquanto que a maioria dos pesquisadores se dedica à análise de poucos livros (geralmente os selecionados entre uma lista das obras mais adotadas nas escolas, restritos ainda às possibilidades de acesso aos volumes para as análises), tivemos a sorte de poder contar com todo o conjunto de livros de Ciências avaliados no PNLD/2007, nada menos que 37 coleções. Portanto, nosso estudo pode ser considerado mais uma análise do ensino de Química proposto pela *produção editorial nacional* do que uma análise dos livros que adentram a escola. É uma diferença sutil: as repostas obtidas nesta pesquisa dizem mais a respeito das *intenções* de autores e editores de livros quanto ao ensino de Química nas séries iniciais do ensino fundamental, do que sobre o ensino de Química que poderia ocorrer nas escolas graças ao suporte dos livros.

A possibilidade de trabalhar com todos os livros avaliados no PNLD/2007 leva ainda a outra de nossas peculiaridades. Ao compararmos os resultados de nossas análises para o conjunto de coleções aprovadas com os resultados para o conjunto de coleções excluídas pelo PNLD, podemos obter algumas respostas acerca do próprio processo de avaliação realizado neste programa. Nas revisões bibliográficas que realizamos, muito dificilmente as pesquisas sobre livros didáticos dispõem de tamanha possibilidade de entendimento da avaliação do programa, pois se restringem quase sempre ao conjunto das coleções aprovadas.

Se temos a nosso favor todas estas vantagens, devemos reconhecer também os pontos que limitam a certeza e a abrangência de nossas respostas.

Por exemplo, ao investigar o conjunto de propostas de atividades experimentais que envolvem Química, nos livros avaliados pelo PNLD, não podemos fazer afirmações gerais sobre como estes livros abordam a questão da experimentação. Não sabemos até que ponto o conjunto de propostas atividades de nosso interesse pode ser representativo de todas as propostas de experimentação veiculadas nestes livros.

Também não podemos fazer afirmações abrangentes a respeito do ensino de Química proposto pelos livros analisados pelo fato de termos investigado somente as propostas de atividades experimentais. Nos levantamentos que realizamos nas coleções, pudemos perceber que muitas delas chegam a apresentar unidades e capítulos inteiramente dedicados ao estudo das transformações químicas. No entanto, nossa pesquisa não chega a utilizar esta informação ostensivamente; portanto, nem podemos dar atenção a um importante aspecto, que é o modo

como estes livros didáticos encaram a relação dialética entre teoria e prática, no contexto da educação em Química.

Além disso, é importante reconhecer que este trabalho não atende a uma recomendação de muitos trabalhos sobre o estado da arte da produção acadêmica dedicada aos livros didáticos: a de que o pesquisador não estude apenas o livro, mas também o modo como é posto em uso nas situações didáticas. De fato, os manuais escolares, em tais situações, podem sofrer adaptações e seu conteúdo pode ser ressignificado pelo professor, o que leva a um uso não previsto ou não pretendido pelos autores/editores dos livros. Certamente esta é uma dimensão relevante, mas que, infelizmente, não pudemos dedicar algum espaço aqui.

Pelo fato de estudar apenas objetos didáticos, em vez de situações ou de processos educativos, as conclusões formuladas ao término do trabalho permanecem um tanto impossibilitadas de gerarem reflexões e sugestões mais realistas para uma melhoria na educação em Química. No entanto, ainda que tenhamos que extrapolar os limites do contexto deste trabalho, levando em consideração opiniões de diversos outros sujeitos dos processos educacionais, levantadas em esferas de debate também diversas, não deixaremos de expor, nas páginas finais deste trabalho, nossas idéias e nossas perspectivas. Acreditamos que as pesquisas educacionais não devem se eximir de, para além de descreverem cenários bons ou ruins, sempre elaborar propostas e pensar em alternativas.

FORMA E ESTRUTURA DESTE DOCUMENTO

Esta dissertação não rompe com as formas tradicionais de apresentação deste tipo de documento: após este início mais “informal”, como um primeiro contato entre leitor e escritor, o trabalho, dividido em capítulos, seguirá um caminho linear (tanto quanto possível) em direção às conclusões que extraímos da experiência de analisar livros didáticos de Ciências no decorrer de um curso de mestrado.

Os primeiros três capítulos se esforçam para demarcar o pano de fundo de nossa pesquisa.

Através de uma revisão bibliográfica, caracterizaremos os livros didáticos de ciências no início do capítulo 1, aprofundando até seu término as considerações sobre seu papel na educação brasileira. Daremos significativa atenção às discussões sobre a importância do PNLD para o provimento de livros às escolas, considerando o caso dos livros de ciências.

No capítulo 2, iniciamos nossos estudos sobre a experimentação no ensino de ciências. Através de um passeio pela história do ensino de ciências, veremos como, em diferentes momentos, a experimentação se expressou por diversas formas e assumiu papéis distintos, no contexto do ensino e da aprendizagem dos conteúdos científicos dos currículos.

O capítulo 3 dá continuidade a estas considerações sobre a experimentação, buscando entender como este tipo de atividade didática é atualmente justificada e recomendada para o uso nas escolas, através de propostas veiculadas em diferentes suportes.

Estes três capítulos são encerrados por seções sempre denominadas *A título de síntese*, em que buscamos recuperar informações e situar o leitor, já que os conteúdos vistos são extensos. Estas seções de síntese, inspiradas na tese de doutorado de José de Pinho Alves Filho (que será mencionada a partir do capítulo 2), são propostas de modo a dispensar a volta ao conteúdo integral dos capítulos, caso se deseje realizar uma segunda e mais ágil leitura do conteúdo deste trabalho.

Os três capítulos finais dizem respeito ao processo de pesquisa empreendido, ou seja, a análise dos livros didáticos de Ciências avaliados no PNLD/2007, considerando suas propostas de atividades experimentais que envolvem transformações químicas.

O capítulo 4 apresenta a metodologia de pesquisa adotada, falando dos critérios para a seleção das propostas nos livros, dos pressupostos teórico-metodológicos e dos procedimentos técnicos utilizados.

No capítulo seguinte, apresentamos os resultados de nossa pesquisa, buscando ao máximo relacioná-los com o trabalho de outros pesquisadores. Além dos resultados, elaboramos algumas discussões que não puderam ser tangenciadas nos capítulos anteriores, buscando um olhar crítico sobre as informações obtidas com a pesquisa.

Finalmente, no capítulo 6, encerramos nossas considerações, refletindo sobre nossos resultados e, como já mencionado, buscando discutir e propor alguns encaminhamentos práticos.

CAPÍTULO 1

O LIVRO DIDÁTICO DE CIÊNCIAS

Vamos iniciar nossa jornada abordando o *livro didático*, centrando nossas atenções no *livro didático para o ensino de ciências*.

Poderíamos, antes de tudo, buscar uma definição clara, precisa e exaustiva do que entendemos por “livro didático”. Mas a esse respeito gostaríamos de fazer nossas as palavras de Hilário Fracalanza, conforme uma nota em sua tese de doutorado (1992, p. 191):

Neste trabalho usou-se indistintamente tanto a denominação livro didático, quanto cartilha, livro texto, livro de texto, livro escolar, livro de classe, manual escolar ou compêndio escolar. Todas elas [...] se referem ao material impresso, editado e comercializado para uso dos alunos nas escolas, atendendo às exigências do currículo escolar previsto. Assim, não se constitui em preocupação nossa, nem levantar na literatura as diversas designações [...] nem discutir as características que tornam este ou aquele livro um livro didático. Apenas e tão somente se assumiu a existência de uma categoria de publicações que: têm sido usualmente utilizadas no ensino formal; desenvolvem os conteúdos previstos para uma determinada área do currículo escolar; e, como tal, são referidos na pesquisa educacional.

Obviamente, a “determinada área do currículo escolar” com maior relevância para este trabalho será a disciplina de Ciências², como é oferecida nos estabelecimentos brasileiros.

Assim, essencialmente o livro didático é um material escolar e, na maioria das situações, apenas um item de um repertório mais vasto – quadro negro e giz, mapas, álbuns, registros audiovisuais, *softwares*, etc.

² Grafaremos os nomes de disciplinas – Ciências, Química, Física, Biologia, etc. – com inicial maiúscula. A palavra “ciências”, com inicial minúscula, se referirá a um conjunto de disciplinas de caráter científico.

Porém, há algo que torna o livro escolar especial, transformando-o de simples recurso material em objeto de investigações, publicações e debates. Há especificidades em jogo que, chamando a atenção de um número cada vez maior de interessados em questões educacionais, fazem do livro didático um objeto polêmico.

Neste capítulo, desejamos explorar os fatores que desencadeiam estas reações – dos acadêmicos, da mídia, dos políticos, do público em geral – e que muitas vezes aparecem como inconformadas, apaixonadas e virulentas.

Subvertendo a ordem que pareceria mais lógica (e que predomina na apresentação de trabalhos como este), não começaremos pelos fatos que marcam o início da história do livro didático de ciências no Brasil. Julgamos que será mais proveitoso rever esta história somente após uma compreensão mais profunda das *funções* dos livros didáticos, para sua melhor caracterização. Após isto, dedicaremos uma seção ao estudo das atuais políticas públicas direcionadas à distribuição de livros às escolas brasileiras, buscando nossa inserção em um debate mais amplo já iniciado no meio acadêmico.

1.1 FUNÇÕES DOS LIVROS DIDÁTICOS

Realizando um trabalho de estado da arte da pesquisa histórica sobre livros e edições didáticas, Choppin (2004) menciona a multiplicidade de funções destes objetos, fator que contribui para sua complexidade e que desperta o interesse de mais e mais pesquisadores.

Estas quatro funções – designadas pelo autor como *referencial*, *instrumental*, *ideológica e cultural* e *documental* – serão nossos referenciais para o trato dos livros daqui por diante. Ao estudá-las, desejamos provocar uma compreensão mais profunda do que *afinal* é o livro didático.

Para isso, nos valeremos de produção intelectual dedicada à avaliação deste objeto, o que, por acréscimo, servirá como uma pequena revisão bibliográfica. Assim, a cada uma das quatro funções em exame relacionaremos algumas pesquisas recentes que analisaram o conteúdo do livro didático brasileiro, de ciências (principalmente) e de outras disciplinas.

Vale notar que nossa escolha por dedicar uma subseção a cada função não ignora o fato de que, na maioria dos casos, não há delimitações claras entre as funções – pelo contrário, suas sobreposições são flagrantes. Isto ficará mais evidente observando-se que algumas das pesquisas serão mencionadas em mais de uma subseção.

1.1.1 Função referencial

Função *referencial* [...]: o livro didático é então apenas a fiel tradução do programa ou, quando se exerce o livre jogo da concorrência, uma de suas possíveis interpretações. Mas, em todo o caso, ele constitui o *suporte privilegiado dos conteúdos educativos*, o depositário dos conhecimentos, técnicas ou habilidades que um grupo social acredita que seja necessário transmitir às novas gerações (CHOPPIN, 2004, p. 553, grifo nosso).

As diretrizes, as propostas e os parâmetros curriculares do Estado também possuem esta função de materializar o currículo, no sentido mesmo de torná-lo material. Entretanto, o que faz do livro texto um suporte privilegiado, como destacamos no fragmento acima, é a sua presença quase constante não só na sala de aula, mas na vida de professores e alunos. Trata-se de um objeto prontamente acessível aos indivíduos destes grupos, fazendo parte de seu cotidiano escolar e não escolar, muitas vezes como única referência (CORRÊA, 2000).

Também conforme Choppin no fragmento citado, se num ambiente de livre concorrência cada livro se constitui numa das possíveis *interpretações* do programa, cabe verificar se e como os autores e editores estariam empreendendo esforços para apresentarem em suas obras as melhores destas interpretações, na busca por diferenciar seus produtos. Investigam esta questão diversas pesquisas nacionais que se dedicam, entre outros objetivos, a analisar o conteúdo de livros didáticos à procura de erros conceituais, imprecisões, desatualizações e omissões, assim como as que estudam as seqüências de apresentação dos programas. Associamos estas pesquisas à categoria das análises de *conceitos/concepções* de livros, de acordo com o estado da arte da produção acadêmica sobre o livro didático de ciências realizado por Fracalanza (1992). Conforme este autor, até 1992 seis dissertações de mestrado analisaram os conceitos ou concepções de livros sobre os temas ciência, saúde, ecologia/educação ambiental e evolução – recorrentes até hoje. Outra pesquisa de estado da arte, realizada por Ferreira e Selles (2004) em periódicos nacionais, confirma que as análises de livros de ciências em busca de erros conceituais prevalecem sobre outros estudos³.

Assim, sobre as concepções de ciência, o trabalho de Custódio e Pietrocola (2004), após uma reflexão filosófica sobre o papel dos princípios nas ciências empíricas, analisa livros de Física para o ensino médio e conclui que os mesmos se limitam a apresentar

³ Nesta subseção e nas próximas evitaremos comentar os trabalhos já levantados nas pesquisas de estado da arte de Fracalanza (1992), Megid Neto (1999) e Ferreira e Selles (2004), enfatizando a produção de 2004 a 2008, portanto, dos últimos cinco anos. Assim, caracterizamos uma produção mais recente e escapamos de tecer comentários que, diante destes estudos de estado da arte, não seriam mais do que repetições desnecessárias.

princípios como técnicas que facilitam a resolução de problemas – muitos deles típicos de vestibulares. Na mesma linha, há as análises dos conteúdos sobre história e filosofia da ciência presentes em livros: P. W. Gonçalves (2005) reflete sobre a importância do que chama de *abordagem metodológica para o ensino de ciências* ao analisar um manual de Geologia Introdutória; Pagliarini (2007) critica os livros de Física do ensino médio por veicularem uma *pseudo-história* desta ciência, reforçadora de mitos e de visões distorcidas sobre o fazer científico; Chaib e Assis (2007) e Silva e Pimentel (2008) chegam a conclusões semelhantes, estudando, respectivamente, a história da eletrodinâmica em livros de Física da educação superior e a história da eletrostática em livros didáticos e paradidáticos da educação básica.

Explorando o tema saúde, Bellini e Frasson (2006) comparam os discursos de textos de divulgação científica com os conteúdos de livros didáticos de Biologia (ensino médio) sobre HIV/AIDS, concluindo que os últimos abordam a questão com o uso de figuras de linguagem inapropriadas, porque distantes das figuras utilizadas no campo científico. Succi, Wickbold e Succi (2005) analisam livros de Ciências para o ensino fundamental à procura de conteúdos sobre vacinação, encontrando omissões, erros e ilustrações inadequadas. Outros trabalhos evidenciam que os livros de Ciências também podem contribuir para a ocorrência de acidentes com serpentes (SANDRIN, PUORTO & NARDI, 2004) e aracnídeos (FERREIRA & SOARES, 2008) por veicularem informações incorretas, ilustrações que (se presentes) não auxiliam no reconhecimento dos animais em questão e por carecerem de indicações de medidas adequadas de primeiros socorros.

De modo indireto, os dois últimos trabalhos denunciam que os livros de Ciências ainda mantêm a seqüência tradicional de apresentação dos conteúdos, reservando o estudo dos seres vivos para a 6ª série do ensino fundamental. Esta escolha não está em sintonia com tendências atuais no ensino de ciências e recomendações oficiais (BRASIL, 1998), que sugerem currículos em espiral para superar a disposição linear e estanque de informações, característica dos currículos tradicionais.

No entanto, a opção pela tradição curricular é em geral pouco problematizada nas pesquisas que analisam conteúdos sobre seres vivos em livros de 6ª série. Estas preferem comentar com detalhes os erros e insuficiências que detectam, como nos estudos dos conteúdos sobre aracnídeos e serpentes, já comentados, além dos trabalhos sobre peixes (SILVA, TEIXEIRA & JUCÁ-CHAGAS, 2006), insetos (ALMEIDA, SILVA & BRITO, 2008) e representantes do Filo Mollusca (SANTOS *et al.*, 2007), este tratando de livros de Biologia para o ensino médio.

Em outra linha de estudos sobre como o ambiente natural é abordado nos livros de Ciências para o ensino fundamental, destacam-se a pesquisa de Selles e Ferreira (2004), que observa que livros para as séries iniciais expressam um modelo didático para o estudo das estações do ano inadequado ao contexto brasileiro, por ser típico de países do hemisfério norte; e o estudo de Campos e Lima (2008), que identifica, além de erros e imprecisões quanto aos conceitos e imagens veiculados, inadequação ao contexto dos alunos na abordagem sobre o ciclo do nitrogênio em livros para as séries finais.

Por fim, mencionamos duas pesquisas recentes sobre os conteúdos relacionados à genética, que desde o final dos anos 90 tem figurado na ordem do dia, principalmente pelo destaque dos meios de comunicação aos avanços da biotecnologia. Xavier, Freire e Moraes (2006), procurando pela inserção da Nova Biologia e de seus temas (por exemplo, Projeto Genoma, clonagem e células-tronco) em livros de Biologia do ensino médio, concluem que os mesmos ainda não contemplam de modo satisfatório estas atualidades, dedicando volume muito maior de páginas à Genética Clássica. Por sua vez, Nascimento (2005) investiga como um livro de Ciências para a 7ª série do ensino fundamental, em um capítulo sobre genética, adota um texto de divulgação científica para incluir as discussões atuais sobre clonagem.

No entender de Ferreira e Selles (2004), “a centralidade que os erros conceituais assumem nos referidos estudos tende a deslocar os livros de suas finalidades didáticas” (p. 66), pois os autores parecem construir critérios de investigação valendo-se apenas das ciências de referência, ignorando idéias sobre as singularidades do conhecimento escolar; dessa forma,

adotam uma visão naturalizada dos mecanismos sócio-históricos que produzem os currículos escolares, deixando de perceber os livros como uma expressão de tais mecanismos. [...] Nesse processo, os materiais deixam de ser compreendidos a partir dos objetivos sociais que lhes deram origem, fazendo com que os livros didáticos dificilmente correspondam às exigências pretendidas (p. 76).

Complementando, Abreu, Gomes e Lopes (2005, p. 415) fazem considerações sobre complexidade das relações entre os livros e o currículo, defendendo que as mesmas não podem ser ignoradas pelo meio acadêmico:

os livros didáticos tornam-se também textos produtores de políticas de currículo, com finalidades as mais distintas, na medida em que reinterpretam e criam novos sentidos, afetando tanto o contexto da prática quanto o contexto de produção de textos das políticas.

Desejamos, até o final do capítulo, poder explorar mais a fundo este lado político das edições didáticas, que ficará especialmente evidente nas considerações sobre os programas de livros didáticos criados pelos governos brasileiros.

1.1.2 Função instrumental

Função instrumental: o livro didático põe em prática métodos de aprendizagem, propõe exercícios ou atividades que, segundo o contexto, visam a facilitar a memorização dos conhecimentos, favorecer a aquisição de competências disciplinares ou transversais, a apropriação de habilidades, de métodos de análise ou de resolução de problemas, etc (CHOPPIN, 2004, p. 553).

Associamos ao estudo desta função os trabalhos que analisam *propostas metodológicas*, conforme Fracalanza (1992), que identifica cinco dissertações de mestrado sobre as propostas de experimentação, de exercícios e o grau de exigência de leitura, em livros de ciências, até 1992. São tópicos que continuam sendo investigados, embora estratégias e recursos metodológicos mais contemporâneos já estejam sob avaliação da academia, como veremos.

Os estudos de propostas de experimentação – categoria que inclui esta dissertação – serão abordados com algum detalhe no capítulo 3 e somam uma grande parcela da produção sobre a função instrumental dos livros de ciências, iniciada no Brasil com os trabalhos de Schnetzler (1980), Borges (1982) e Sicca (1990).

Em geral, estudos sobre conceitos/concepções, como os revistos na subseção anterior, também analisam propostas metodológicas, principalmente exercícios e atividades práticas. Assim, o trabalho de Custódio e Pietrocola (2004), além de discordar de como os livros de Física para o ensino médio tratam os princípios das ciências empíricas, critica os exercícios propostos por não permitirem a participação dos estudantes no processo de modelização. Silva, Teixeira e Jucá-Chagas (2006) e Almeida, Silva e Brito (2008), estudando os conteúdos sobre peixes e insetos (respectivamente) em livros para 6ª série do ensino fundamental, concluem que as atividades propostas se resumem a exercícios cujas respostas são facilmente encontradas nos textos, além de não incentivarem o trabalho em grupo e procedimentos extralivro. Em outro estudo já mencionado, Nascimento (2005) duvida que certo texto de divulgação científica, presente em um livro de Ciências, seja capaz de criar condições para um debate sobre questões éticas e políticas, no contexto do ensino de genética.

Há estudos sobre as analogias utilizadas nos livros de ciências. Cunha (2006) analisa duas coleções didáticas para as séries iniciais do ensino fundamental e detecta a presença de um grande número de analogias. Realizando entrevistas clínicas com crianças de seis a dez anos, verifica que nem sempre as analogias utilizadas pelos autores conseguem alcançar os objetivos a que se propõem. Giraldi e Souza (2006) analisam um livro de Biologia para o ensino médio com o referencial teórico da Análise do Discurso de linha francesa. De acordo com as autoras, o livro emprega variadas estratégias discursivas na construção de analogias, buscando direcionar a produção de sentidos. Concluem o estudo pondo em questão as contribuições destas estratégias para uma melhoria no ensino de ciências, apostando na explicitação das características mediadoras dos textos didáticos como caminho para que deixem de ser vistos como fonte inquestionável de conhecimentos.

Ribeiro e Martins (2007) avaliam o potencial de narrativas sobre a história da ciência, presentes em textos de Física para o ensino médio, para a construção de noções sobre a ciência e sobre a atividade científica. Para as autoras, mesmo narrativas marcadas por inadequações (por exemplo, que transmitam a visão de que a ciência é fruto do trabalho solitário de gênios) seriam recursos importantes para a manutenção de discussões na sala de aula sobre a natureza da ciência, o que torna importante sua presença nos livros didáticos.

Finalmente, Kamel e De La Rocque (2006) comparam a forma como histórias em quadrinhos (HQs) e tiras são utilizadas em livros de Ciências e de Língua Portuguesa para o ensino fundamental. Concluem que, enquanto a proposta de seu uso parece satisfatória nos manuais de Língua Portuguesa, o mesmo não acontece com os livros de Ciências, que parecem subaproveitar tiras e HQs de qualidade ao utilizá-las apenas como ilustrações para descontração/entretenimento.

Acreditamos que recursos como narrativas, HQs e textos de divulgação científica, além de outras propostas metodológicas (como visitas programadas, jogos e projetos interdisciplinares), receberão maior atenção das pesquisas sobre a função instrumental de livros didáticos de ciências nos próximos anos, pois os estudos já realizados evidenciaram a grande fecundidade que a dinâmica destes objetos oferece à pesquisa educacional.

1.1.3 Função ideológica e cultural

Função ideológica e cultural: é a função mais antiga. A partir do século XIX, com a constituição dos estados nacionais e com o desenvolvimento, nesse contexto, dos principais sistemas educativos, o livro didático se afirmou como um dos vetores essenciais da língua, da cultura e dos valores das classes dirigentes. Instrumento privilegiado de construção de identidade, [...] assume um importante papel político. Essa função, que tende a aculturar – e, em certos casos, a doutrinar – as jovens gerações, pode se exercer de maneira explícita, até mesmo sistemática e ostensiva, ou ainda, de maneira dissimulada, sub-reptícia, implícita, mas não menos eficaz (CHOPPIN, 2004, p. 553).

De todas as funções que o livro didático pode assumir, esta provavelmente é a que mais colabora para sua imagem polêmica.

O livro didático como vetor da cultura e dos valores das classes dominantes permite configurá-lo como importante fonte de pesquisa em História da Educação, segundo Corrêa (2000). Para a autora, o uso do livro nesta perspectiva contribui “para avançar na direção da pesquisa da instituição escolar” (p. 14) e gerar uma compreensão “sobre as práticas educativas e seus componentes, que é o que constituiu e constitui a vida cotidiana das escolas” (p. 17). Assim, produz-se uma “arqueologia das práticas escolares por meio dos materiais que compuseram o trabalho pedagógico desenvolvido na escola ao longo do tempo [...] uma arqueologia também de mentalidades que compuseram a cultura escolar de uma época” (p. 20-21). Fernandes (2004) nos dá um exemplo de pesquisa que explora o papel das edições didáticas para a constituição de memória(s), desejando responder perguntas como “Quais têm sido os valores atribuídos aos livros didáticos em diferentes épocas?” e “Quais identidades sociais eles têm contribuído para consolidar?”.

Sendo representação/vetor da cultura e de valores, faz sentido indagar qual o papel desempenhado pelos livros didáticos para a manutenção/superação destas condições, de acordo com interesses de um grupo minoritário. Daí emerge a componente *ideológica* destes textos.

De acordo com Chauí (2004, p. 175),

A função principal da ideologia é ocultar ou dissimular as divisões sociais e políticas, dando-lhes a aparência de indivisão social e de diferenças naturais entre os seres humanos. Indivisão: apesar da divisão social das classes, somos levados a crer que somos todos iguais porque participamos da idéia de “humanidade”, ou da idéia de “nação” e “pátria”, ou da idéia de “raça”, etc. Diferenças naturais: somos levados a crer que as desigualdades sociais, econômicas e políticas não são produzidas pela divisão social de classes, mas por diferenças individuais dos talentos e das capacidades, da inteligência, da força de vontade maior ou menor, etc.

A ideologia é o que faz com que se tome o artificial por natural, o efeito por causa, visando à reprodução das condições que permitem a dominação social e política de uma classe sobre outra. Sendo um sistema de ocultamento da realidade histórica e de suas contradições, a ideologia é melhor compreendida à luz do conceito de *alienação*, conforme a obra citada acima:

A alienação é o fenômeno pelo qual os homens criam ou produzem alguma coisa, dão independência a essa criatura como se ela existisse por si mesma e em si mesma, deixam-se governar por ela como se ela tivesse poder em si e por si mesma, não se reconhecem na obra que criaram, fazendo-a um *ser-outro*, separado dos homens, superior a ele e com poder sobre eles (p. 171, grifo da autora).

Diversos estudos têm analisado o conteúdo dos livros escolares buscando desvelar sua dimensão ideológica, havendo quatro dissertações de mestrado, até 1992, que se ocuparam de fazê-lo com aqueles de ciências. Estes trabalhos identificaram, principalmente, o uso das disciplinas para inculcação ideológica – os livros assumindo um importante papel neste processo – e a desvinculação dos manuais com a realidade dos alunos-usuários (FRACALANZA, 1992).

Mais recentemente, pelo menos três estudos parecem se aproximar desta perspectiva. Pinheiro da Silva e Cavassan (2004) analisam cinco livros de Ciências para a 6ª série do ensino fundamental e encontram grande quantidade de imagens de paisagens e espécies estrangeiras, em capítulos e unidades dedicados à Botânica e à Ecologia. Questionam estes estrangeirismos, verificando uma possível interferência destas imagens nas representações de alunos em relação ao ambiente natural. De modo semelhante, o trabalho já mencionado de Selles e Ferreira (2004) verifica a importação acrítica de modelos didáticos de países do hemisfério norte para o estudo das estações do ano, em livros de Ciências para as séries iniciais. Dias e Abreu (2006) problematizam o discurso de livros de ciências para o ensino médio acerca das relações entre conhecimento e mundo do trabalho, vendo como prejudicial a naturalização dos aspectos excludentes do mundo trabalho pela valorização das “novas” qualidades exigidas aos indivíduos da sociedade contemporânea.

Dada suas peculiaridades, o conteúdo das obras didáticas de ciências ainda potencializa a veiculação de um tipo particular de ocultação ideológica, o *cientificismo*, que redonda numa ideologia e numa mitologia da ciência⁴:

⁴ Usamos a palavra “potencializa” em vez de “permite” por entender que livros escolares para outras disciplinas também podem contribuir para este fim.

Ideologia da ciência: crença no progresso e na evolução dos conhecimentos científicos que, um dia, explicarão totalmente a realidade e permitirão manipulá-la tecnicamente, sem limites para a ação humana.

Mitologia da ciência: crença na ciência como se fosse magia e poderio ilimitado sobre as coisas e os homens, dando-lhe o lugar que muitos costumam dar às religiões, isto é, um conjunto doutrinário de verdades intemporais, absolutas e inquestionáveis (CHAUI, 2004, p. 235).

Encontramos denúncias de aspectos do cientificismo nos trabalhos citados que analisam conteúdos sobre história e filosofia da ciência em livros escolares – Pagliarini (2007), Chaib e Assis (2007), Silva e Pimentel (2008) –, quer pela constatação da ausência de uma abordagem histórica pelas obras, quer pela verificação de que contribuem para reforçar uma visão estereotipada dos cientistas e de seu trabalho. Importante notar, como lembra este trabalho de Chaib e Assis, o papel desempenhado pelos livros didáticos na sustentação de um paradigma científico, de acordo com as idéias de Thomas Kuhn (2003). Para este pensador, os manuais escolares acabam por dissimular o caráter revolucionário de certos movimentos de ruptura na história da ciência, contribuindo para a cristalização de uma visão linear e cumulativa do desenvolvimento das ciências.

Outra consequência do cientificismo, largamente abordada em análises de livros didáticos, é a existência de um enfoque que não concebe o ambiente natural como todo complexo e integrado de partes interdependentes. Em vez disso, prima-se por uma visão ambiental analítica, reducionista, dissociativa e utilitarista, que pode levar a um relacionamento incompleto e inadequado do homem com a natureza (que o inclui) e ao prejuízo de ambos (MARTINS & GUIMARÃES, 2002). Por exemplo, as análises do conteúdo zoológico de livros para os ensinos fundamental e médio (SANDRIN, PUORTO & NARDI, 2004; SILVA, TEIXEIRA & JUCÁ-CHAGAS, 2006; SANTOS *et al.*, 2007; ALMEIDA, SILVA & BRITO, 2008) frequentemente chegam às mesmas conclusões: os livros não apresentam um enfoque ecológico ou o apresentam de modo distorcido; concebem o homem como entidade à parte da natureza, não participando de seu equilíbrio e de seus processos de auto-regulação; não problematizam o papel do homem como consumidor dos recursos naturais nem questionam esta cultura de consumo; caracterizam os animais através de critérios antropocêntricos reforçadores de estigmas – sujos, nojentos, pragas, pestes, venenosos, perigosos; e não contribuem para a preservação das espécies.

No entanto, a crítica à ideologia do livro didático não é exclusividade da academia, que se atém ao viés conservador-burguês que parece permear certas obras. Mais recentemente, meios de comunicação da chamada “grande imprensa” desencadearam um debate amplo e acalorado com a denúncia de que os atuais livros texto de História estariam,

por outro lado, repletos de apologias ao comunismo. Supostamente, estas obras contribuiriam para uma doutrinação ideológica de esquerda nas salas de aula.

Embora a ênfase seja desequilibrada para a ideologia de esquerda, isso faz parte do jogo democrático. O dado que assusta é a quantidade de distorções que os autores fazem em nome da visão socialista. Existem dois tipos de problemas. O primeiro é a omissão. Ao tratar de revoluções socialistas, como a da China e a de Cuba, vários livros deixam de mencionar o caráter opressivo e ditatorial desses regimes. Além disso, a ideologia leva alguns autores a publicar informações erradas, como dizer que a globalização aumentou a pobreza mundial (MANSUR, VICÁRIA & LEAL, 2007 apud CATELLI JUNIOR, 2008, p. 4).

Freitag, Motta e Costa (1989) fazem uma crítica a certas pesquisas que denunciam a ideologia burguesa presente em livros didáticos – que também serviria para as denúncias da mídia sobre uma manipulação ideológica de esquerda por estes livros. De acordo com as autoras, estes analistas e críticos, ao se ocuparem somente dos *conteúdos* dos livros, estariam esquecendo que a ideologia está implícita também à sua *forma* de apresentação. Além disso, as queixas levantadas adviriam da incorporação mecânica e acrítica de modelos teóricos da Europa, que se tornam improdutivos e estereis quando aplicados à realidade brasileira. Pecam também por não inserir o livro didático no conjunto de textos ideologizadores que circulam na sociedade e mostrar o peso específico desse livro no sistema ideológico global, pois tomam como pressuposto que este peso é maior que o dos outros elos do sistema. Conforme as autoras, “Dizer que a ideologia dos livros didáticos contribui para ‘consolidar as relações de poder’ vira um clichê que queima etapas e nada contribui para elucidar o problema da formação da ‘falsa consciência’, objetivo último da ideologização” (p. 86). Finalmente, afirmam que “seria importante lembrar aos críticos da ideologia do livro didático que, sendo a ideologia uma forma de apresentação distorcida do real, ela poderia constituir excelente material para a melhor compreensão desse mesmo real, desde que devidamente interpretada” (p. 86-87).

1.1.4 Função documental

Função *documental*: acredita-se que o livro didático pode fornecer, sem que sua leitura seja dirigida, um conjunto de documentos, textuais ou icônicos, cuja observação ou confrontação podem vir a desenvolver o espírito crítico do aluno. Essa função surgiu muito recentemente na literatura escolar e não é universal: só é encontrada – afirmação que pode ser feita com muitas reservas – em ambientes pedagógicos que privilegiam a iniciativa pessoal da criança e visam a favorecer sua

autonomia; supõe, também, um nível de formação elevado dos professores (CHOPPIN, 2004, p. 553).

Esta função é a tradução do ideal para o uso do livro didático, de acordo com alguns dos atuais consensos da Educação como disciplina científica e campo de debates. Apesar do tom moderado, quase descrente com que Choppin a define, algumas pesquisas já começam a observar a função documental apresentando um papel importante nas situações de ensino e aprendizagem.

Coporalini (1996, p. 118-119) relata a seguinte experiência, no âmbito de uma pesquisa sobre a prática pedagógica de professores de Língua Portuguesa, quanto ao uso do livro didático:

Aproveitou o texto para desenvolver o espírito reflexivo e crítico do aluno a partir do conceito de “contradição” e a habilidade de identificar desacordos entre idéias tão fundamentais na vida diária. Propiciou aos alunos oportunidades de perceberem as contradições que possam estar presentes em suas opiniões, colocando-lhes questões e oferecendo-lhes dados esclarecedores [...].

Nunes-Macedo, Mortimer e Green (2004), em estudo mais recente, também observam em uma aula de Língua Portuguesa situação semelhante quanto ao uso do livro didático, sob a perspectiva das interações discursivas desenvolvidas neste espaço. O trabalho mostra a possibilidade de o docente desenvolver um uso contextual do livro, tornando-o apenas mais uma entre as diversas vozes que circulam no ambiente da aula. Em uma pesquisa com professoras (529 questionários respondidos) do primeiro ciclo do ensino fundamental, relatada no mesmo artigo, os autores acrescentam dados reveladores: 20% não usam livro didático, apenas 3% dizem usá-lo diariamente, 39,8% afirmam usá-lo alguns dias da semana, 18,5% utilizam-no ocasionalmente e 69,7% citam mais de um livro didático como referências.

Megid Neto e Fracalanza (2006) analisam as concepções e práticas de 180 professores de Ciências de escolas públicas do ensino fundamental sobre o livro didático. Aglutinam os usos que estes professores alegam fazer do livro em três grandes grupos: além dos que o utilizam como fonte bibliográfica para complementar seus conhecimentos, há os que se valem do uso simultâneo de várias coleções didáticas para planejar e preparar suas aulas e os que fazem do livro um apoio material às atividades de ensino e aprendizagem (através de suas propostas de leituras, de exercícios e de outras atividades, além de ser fonte de imagens como fotos, mapas e gráficos).

Estas informações rompem com o que estamos habituados a conceber como a prática corrente nas salas de aula:

O professor não somente se contenta com o que tem como ainda o idealiza, fazendo do livro didático não um entre outros, mas seu único instrumento de trabalho. Este serve como última palavra do conhecimento na área, sendo tratado em aula como verdade absoluta. A desinformação, o comodismo, o conformismo da maioria dos professores passam a respeitar a palavra escrita no livro como árbitro último, submetendo-se docilmente ao seu conteúdo psicopedagógico e ideológico (FREITAG, MOTTA & COSTA, 1989, p. 131).

No entanto, há de se ressaltar que nem todos os estabelecimentos de ensino proporcionam condições para um *uso alternativo* do livro didático. Além disso, Megid Neto e Fracalanza (2006) consideram que tal uso “não parece ser estimulante nem deve ser estimulado”, pois o livro didático, adaptado ou não pelo professor, dificilmente é adequado a todos os princípios educacionais que deveriam guiar a prática do magistério.

Controvérsias à parte, esperamos que em breve novas perspectivas de pesquisa contribuam para elucidar algumas das dúvidas que a investigação sistemática ainda não tenha conseguido fazê-lo, acerca da função documental dos textos didáticos.

Agora já conhecemos as principais funções dos livros escolares, tendo observado diferentes concepções de seu uso e de avaliação. Sentimo-nos melhor embasados para compreender o papel histórico do livro texto de ciências na educação brasileira, de sua introdução em nosso sistema escolar até os primórdios das políticas públicas direcionadas à sua aquisição e distribuição pelo Estado. Dedicaremos a próxima seção a isto, fazendo-o de modo breve, pois nosso intuito é apenas apresentar as características de um período inicial. Desejamos mostrar como um determinado cenário de demandas e decisões permitiu uma transformação do papel do livro didático, no contexto das políticas educacionais.

1.2 BREVÍSSIMO HISTÓRICO DO LIVRO DIDÁTICO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

Abordaremos nesta seção um intervalo de tempo bem delimitado: do início do século XIX até a década de 1930. Este período se inicia com a introdução dos livros didáticos no sistema educacional brasileiro e finda com uma reorganização deste sistema, levando às primeiras políticas de Estado interessadas na questão do livro escolar.

Pfromm Netto, Rosamilha e Dib (1974) apresentam um histórico do ensino de ciências de Física, Química e de ciências da vida no Brasil, afirmando que “Certamente o capítulo mais pobre da história da literatura didática brasileira é o dos textos de ciências” (p. 94). De acordo com os autores, somente a partir da Reforma Francisco Campos (1931) é que as

ciências ganham importância, passando a constar no currículo dos cursos secundários e assim contribuindo para acabar com seu confinamento ao nível superior.

Contam estes mesmos autores e também Stepan (1976) que até a vinda de D. João VI, quase não se pode falar em ciências no Brasil. Em 1772 funda-se a Academia Científica do Rio de Janeiro, uma associação de estudiosos que acabou contribuindo para a divulgação da ciência (através de conferências públicas, estando representados os campos da botânica, zoologia, química, física e mineralogia), mas que foi fechada em 1794. Até o início do século XIX surgiria em Portugal o primeiro livro de Química escrito por um brasileiro (*Elementos de Química*, de 1788, de Vicente Coelho Seabra da Silva Telles) e José Bonifácio de Andrada e Silva, também brasileiro, implantaria o ensino de ciências químicas em Lisboa, após retornar de uma viagem a Paris para melhorar seus conhecimentos em mineralogia e geologia.

Em 1808, D. João VI e a Família Real de Lisboa transferem a corte para a colônia, alterando dramaticamente a vida brasileira, no dizer de Stepan (1976). A autora ressalta que então “Uma biblioteca real de 60.000 volumes foi aberta ao público. Foram tomadas medidas para remediar a situação criada pela falta de facilidades educacionais no Brasil e a dificuldade de continuar a depender de um fornecimento de médicos e engenheiros da Europa” (STEPAN, 1976, p. 36).

Começam a ser autorizados cursos médicos na Bahia e no Rio de Janeiro, mais tarde regularizados como Academias de Medicina e Cirurgia, levando à formação das primeiras Escolas de Medicina algumas décadas depois. Em 1810 funda-se uma Academia Militar, para cujos trabalhos de formação de oficiais-cadetes são importados os livros mais modernos de Matemática e Física da Europa (STEPAN, 1976). “Neste ano, aparece no Rio de Janeiro um *Syllabus ou Compêndio das Lições de Química*, de Daniel Gerder, que teria sido o primeiro professor de química da Academia Real Militar” (PRFOMM NETTO, ROSAMILHA & DIB, 1974, p. 98). Com o estabelecimento da Imprensa Régia, obras européias começam a ter suas traduções impressas, contribuindo para início de um ensino superior de ciências, que recebe impulso com a criação de cadeiras de ciências nas Academias, do Laboratório Químico Prático (em 1812, no Rio de Janeiro) e do Museu Imperial (1818).

No caso da Química, lentamente constrói-se uma literatura brasileira. Citando apenas algumas das obras mais antigas, temos: em 1825 a *Nova Nomenclatura Química Portuguesa*, de João da Silveira Caldeira; em 1833, *Lições de Química e Mineralogia*, do maranhense Frei Custódio Alves Serrão; em 1837, *Compêndio para o Curso de Química da Escola de Medicina do Rio de Janeiro*, de Joaquim Vicente Torres Homem; em 1872 e 1881, respectivamente, *Noções Elementares de Química Médica* e *Noções de Química Geral*, ambas

de Manoel Maria de Moraes e Valle (PFROMM NETTO, ROSAMILHA & DIB, 1974). O ensino superior brasileiro de Química de meados deste século fica praticamente restrito às escolas de Medicina, ocorrendo o mesmo no caso da Física, com seus cursos sendo oferecidos principalmente pelas Academias Militares (NICIOLI JUNIOR & MATTOS, 2008).

Quanto ao secundário, a não cobrança de conhecimentos científicos nos cursos preparatórios para o ensino superior sufoca o aparecimento de um ensino de ciências, limitando-o a um número inexpressivo de lições de Física, Química e História Natural (SCHNETZLER, 1980). É somente no final do século que estas disciplinas passam a receber alguma atenção, devido à inclusão de noções de ciências físicas e químicas no preparatório para Medicina (HAIDAR, 1972 apud NICIOLI JUNIOR & MATTOS, 2008).

Bittencourt (2004), em um trabalho que investiga os autores e editores de compêndios brasileiros entre 1810 e 1910, afirma que “os anos de 1870 e 1880 marcaram o início do crescimento escolar e o surgimento de escritores provenientes de outras esferas sociais” (p. 483). Até então, desde 1827 a produção didática brasileira limitava-se às contribuições para a organização dos cursos secundários e superiores vindas de “sábios”, políticos e professores. Estas obras apresentavam uma forte influência dos compêndios europeus, principalmente os franceses, quando não eram suas próprias traduções.

O que marca este período do início do século XIX até a década de 1890 é o pequeno valor dado ao estudo das ciências, em um sistema escolar reservado à elite. Apesar de iniciativas pontuais e do Brasil ter recebido a visita de diversos naturalistas ao longo deste século (incluindo Charles Darwin), fatores como a escravidão, desvalorizando os trabalhos manuais, e a inexistência de sequer uma possibilidade de industrialização limitavam o real estabelecimento de uma ciência brasileira. Esta situação teve repercussões no sistema educacional, conformado ao estudo da cultura humanística.

Os tempos finais do Império são acompanhados por mudanças tímidas, apesar de importantes, na ciência e no ensino de ciências brasileiros. A separação das engenharias militar e civil, iniciada em 1858, levou à criação de novas escolas de engenharia, como a Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1876, a Escola de Minas em Ouro Preto no mesmo ano e a Escola Politécnica de São Paulo em 1893 (STEPAN, 1976). “Durante a República, surgem novos museus, como o Museu Paraense (1894) e o Museu Paulista (1891)” (PFROMM NETTO, ROSAMILHA & DIB, 1974, p. 102). Passam a ser impressas novas publicações periódicas sobre ciências e a produção de livros didáticos começa a dar uma atenção maior ao ensino elementar, tendo seus autores um novo perfil:

Os autores dessa geração possuíam, na maioria das vezes, experiências pedagógicas provenientes de cursos primários, secundários ou de escolas normais voltadas para a formação de professores. A prática pedagógica desses autores refletiu, parcialmente, uma preocupação menos limitada quanto às opções educacionais, saindo da esfera do ensino puramente destinado à formação das elites (BITTENCOURT, 2004, p. 483).

O ensino elementar de ciências, reduzido ou nulo no início da República, recebe algum incentivo com a edição de diversos textos:

Exemplos dos mais expressivos é o dos livros de Rodolpho von Ihering (filho e colaborador do médico e naturalista alemão Hermann von Ihering), a quem devemos dois volumes, redigidos em linguagem dialogada e viva, e profundamente nacionalista: *As Férias no Pontual* (7ª edição, 1927) e *No Campo e na Floresta* (1927). Rodolpho von Ihering publicou também *O Livrinho das Aves* e uma *Fauna do Brasil*, acompanhada de um atlas. Vários textos simples de higiene foram editados na primeira metade do século atual, figurando entre os mesmos *Vida Higiênica* de Deodato de Moraes, *A Fada Hígia* de Renato Kehl, e *Primeiro, Saúde* de Castro Barreto (PFROMM NETTO, ROSAMILHA & DIB, 1974, p. 103).

A obra citada acima ainda menciona a produção de diversos textos de ciências físicas e naturais publicados a partir de 1931, destinados ao ensino ginasial. Menciona também a importância das obras de divulgação científica, como enciclopédias e coleções, por suas contribuições ao ensino elementar de ciências.

A reforma positivista de Benjamin Constant, primeira reforma educacional da República, preza por um ensino enciclopédico, incluindo matemáticas e ciências no secundário. Mas suas pretensões falham e não será antes de 1925, após a reforma de Rocha Vaz, com a separação do ensino de Física do de Química, que este passará a ter alguma importância (SCHNETZLER, 1980).

Ao longo desta seção, que se encaminha para o fim, fizemos questão de enfatizar o ensino de Química e seus primeiros livros didáticos por entender que as informações que possuímos sobre eles enriquecem a caracterização histórica dos momentos iniciais do livro de ciências no Brasil. Estas informações, cuja sistematização deve muito ao trabalho pioneiro de Schnetzler (1980), evidenciam que a estrutura educacional precária e confusa do Império e das primeiras décadas de República não impediu o florescimento de obras de qualidade, muitas vezes superior à de textos mais atuais:

Portanto, num período educacional essencialmente marcado pela desconsideração dos estudos científicos, constitui-se até num fato estranho encontrarmos livros que, inseridos naquele contexto, apresentavam pelo menos um tratamento do conhecimento químico que enfatizava a sua *compreensão* (p. 63, grifo da autora).

Como foi dito no início da seção, a Reforma Francisco Campos, em 1931, muda profundamente o sistema educacional brasileiro. Incorpora-se o ensino das ciências no nível secundário, tornado obrigatório em todo o território nacional. Estas mudanças e tantas outras delineiam o cenário para a implementação de diversas políticas do Estado, entre elas as políticas de aquisição e distribuição de livros didáticos às escolas públicas. Na seção seguinte, veremos como os livros escolares passaram a ter a importância que estas políticas lhes conferem, do modo como são postas em prática atualmente, na educação nacional.

1.3 O ENSINO DE CIÊNCIAS E O PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO

Talvez agora fique mais claro o porquê de uma exposição tão breve sobre a história do livro de ciências no Brasil anteceder nossas considerações sobre os programas governamentais de livros. Afinal, conforme Freitag, Motta e Costa (1989), a história do livro didático no Brasil se sobrepõe à política do livro, achando-se entrelaçada com esta. As autoras, à página 11, afirmam que

Poder-se-ia mesmo afirmar que o livro didático não tem uma história própria no Brasil. Sua *história* não passa de uma seqüência de decretos, leis e medidas governamentais que se sucedem, a partir de 1930, de forma aparentemente desordenada, e sem a correção ou a crítica de outros setores da sociedade [...].

Maiores detalhes sobre a tal seqüência de decretos, leis e medidas são encontradas no capítulo de onde foi retirado o fragmento acima. Tolentino-Neto (2003, p. 7) condensa estes acontecimentos em um parágrafo, que reproduzimos:

O Governo Federal estabelece políticas públicas voltadas ao livro didático desde 1938, quando o Decreto-Lei no. 1.006/38 estabelece condições para a produção, importação e utilização deste tipo de publicação. Em 1966, ficou assegurada a distribuição gratuita de 51 milhões de livros texto naquele ano. Até o ano de 1983 a preocupação com a quantidade dos livros didáticos que chegavam às salas de aulas brasileiras era discreta. O que existiu, sim, foi um grande interesse em administrar tal onerosa distribuição. A responsabilidade pela compra e distribuição dos livros se iniciou com a COLTED (Comissão do Livro Técnico e Livro Didático) em 1966; passou ao INL (Instituto Nacional do Livro), que criou o PLIDEF (Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental) em 1971; chegou ao FENAME (Fundo Nacional do Material Escolar) que, com recursos do FNDE (Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação), gerencia o programa em 1976; passou pela FAE (Fundação de Assistência ao Estudante), que incorporara o PLIDEF em 1983, até se transformar no atual modelo, o PNLD em 1985 fruto do Decreto no. 9.1542 [*sic*] de 19/08/85.

A partir de 1994 o Ministério da Educação (MEC) se interessou em buscar formas de avaliar os livros didáticos contínua e sistematicamente, o que gerou um primeiro documento, *Definição de Critérios para Avaliação dos Livros Didáticos – 1ª a 4ª séries*, fruto da análise, por professores de escolas e universidades, dos dez títulos mais utilizados nas disciplinas de Ciências, Matemática, Língua Portuguesa e Estudos Sociais (LEÃO, 2003). Esta análise demonstrou que o MEC vinha adquirindo e distribuindo às escolas livros didáticos com erros conceituais, conteúdos desatualizados e até veiculação de preconceitos. Evidenciou-se, com esta avaliação preliminar, a urgência de se promover discussões e contribuições para a melhoria da qualidade dos livros didáticos para o ensino fundamental distribuídos aos estudantes de todo o país.

Nesta seção, apresentaremos as características das avaliações de livros didáticos realizadas pelo MEC nos últimos anos. Ressaltaremos a avaliação iniciada em 2005, constituinte do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD/2007 da área de Ciências, pois esta edição do programa também faz parte do estudo realizado pelo presente trabalho. Por último, discutiremos algumas críticas ao PNLD levantadas pela academia e pela opinião de outros interessados na questão dos livros didáticos.

1.3.1 A constituição do PNLD

Os anos de 1995 e 96 são marcados por intensos debates envolvendo a educação brasileira, antecedendo uma série de reformas que posteriormente afetariam principalmente a educação básica (agora compreendendo a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio), com a aprovação de uma nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) – Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. No embalo destas discussões, inicia-se o processo de avaliação rotineira de livros didáticos pelo MEC, inaugurando um modelo consolidado até os dias atuais. As avaliações ficam a cargo do PNLD⁵ e passam a ser realizadas por comissões compostas por representantes de escolas, universidades e Governo Federal, gerando uma série de documentos, os chamados *Guias de Livros Didáticos*,

⁵ O PNLD passa, então, a ser o programa responsável pela coordenação da avaliação dos livros, de sua aquisição pelo MEC e de sua distribuição universal e gratuita às escolas. Atualmente o MEC é o maior comprador de livros do mundo, por conta deste programa (principalmente) e de outros (por exemplo, programas de distribuição de livros para bibliotecas). “Para o ano de 2007, as aquisições previstas superam a casa dos 120 milhões de exemplares e o valor negociado com as editoras, nas compras para o Ensino Fundamental, foi de R\$ 456.706.333,38” (SILVA, 2007).

distribuídos nacionalmente para todas as escolas públicas de ensino fundamental cadastradas no censo escolar. Nos guias constam resenhas dos livros avaliados, com a intenção de auxiliar o professor na escolha do livro que irá utilizar⁶.

Desde a sua implantação, embora mantendo certas características essenciais, o PNLD passou por reformulações que repercutiram principalmente na forma de divulgação das obras analisadas às escolas por meio dos guias do livro didático.

Conforme o sítio da Secretaria da Educação Básica do MEC na rede mundial de computadores (BRASIL, SEB, 2009), o primeiro *Guia de Avaliação de Livros Didáticos de 1ª a 4ª série*, de 1996 (PNLD/1997), classificou 466 obras das disciplinas Língua Portuguesa, Matemática, Ciências e Estudos Sociais em:

- *recomendadas*: obras que apresentaram todos os requisitos de qualidade exigidos no processo de avaliação;
- *recomendadas com ressalvas*: obras que obedeceram aos critérios mínimos de qualidade, mas que apresentaram certas limitações, havendo a necessidade do professor complementar as propostas (TORRES GARCÍA *et al.*, 2002);
- *não recomendadas*: obras que, por não reunirem as qualidades necessárias, não estavam justificadas a serem adotadas pelos professores, apesar disto não estar vetado.

Excetuam-se desta classificação as obras *excluídas* do guia, que não observaram os requisitos mínimos de qualidade (TORRES GARCÍA *et al.*, 2002).

No guia seguinte, de 1998, houve a inclusão da categoria *recomendados com distinção*, destinada às obras que se destacaram pelo esforço em se aproximar do ideal representado pelos princípios e critérios, constituindo propostas pedagógicas elogiáveis, criativas e motivadoras (TORRES GARCÍA *et al.*, 2002).

No guia do PNLD/1999, referente à avaliação de livros de 5ª a 8ª séries, a menção *não recomendado* foi retirada, restringindo a adoção destes livros nas escolas.

Nos guias do PNLD/2001 (1ª a 4ª séries), PNLD/2002 (5ª a 8ª séries) e PNLD/2004 (1ª a 4ª séries) manteve-se a mesma classificação, que foi novamente alterada no PNLD/2005 (5ª a 8ª séries), categorizando as obras somente em *aprovadas* ou *excluídas* (estas, sem menção nos guias, impedindo sua adoção). Nos guias seguintes, do PNLD/2007 (1ª a 4ª séries) e do PNLD/2008 (5ª a 8ª séries), não houve alterações na divulgação dos resultados das análises.

⁶ É lógico que, para pretender que suas obras figurem nos guias e assim estejam sujeitas a serem adotadas nas escolas, os autores e editores necessitam manifestar este interesse inscrevendo os livros no programa. A inscrição é regulamentada por um edital, divulgado meses antes do início das análises pelas comissões de especialistas.

O PNLD/2006 consistiu na avaliação de dicionários, que haviam sido incluídos no PNLD/2004 e agora receberam uma avaliação exclusiva.

O quadro da Figura 1 busca sumarizar as características de cada uma das edições do PNLD desde a sua implantação, mostrando quais foram as disciplinas atendidas em cada ano e como as obras foram divulgadas nos guias.

PNLD	Disciplinas atendidas	Divulgação das obras nos guias do livro didático
1997	LP, M, C e ES (1ª a 4ª)	Classificação das obras em: <i>recomendadas</i> (obras que apresentaram todos os requisitos de qualidade exigidos no processo de avaliação); <i>recomendadas com ressalvas</i> (obras que obedeceram aos critérios mínimos de qualidade, mas que apresentaram limitações); e <i>não recomendadas</i> (obras que não estavam justificadas a serem adotadas pelos professores).
1998	A; LP, M, C e ES (1ª a 4ª)	Inclusão da categoria <i>recomendadas com distinção</i> , destinada às obras que se destacaram.
1999	LP, M, C, H e G (5ª a 8ª)	Retirada da categoria <i>não recomendadas</i> do guia, para impedir que pudessem ser adotadas.
2001	A; LP, M, C e ES (1ª a 4ª)	Sem alterações nas categorias de divulgação no guia em relação à edição anterior.
2002	LP, M, C, H e G (5ª a 8ª)	Sem alterações nas categorias de divulgação no guia em relação à edição anterior. Passam a ser avaliadas as coleções e não mais os livros isolados, com o objetivo de garantir o desenvolvimento curricular mais integrado.
2004	A; D; LP, M, C, H e G (1ª a 4ª)	Sem alterações nas categorias de divulgação no guia em relação à edição anterior.
2005	LP, M, C, H e G (5ª a 8ª)	Reformulação geral das categorias. A partir desta edição as obras passam a ser classificadas em <i>aprovadas</i> ou <i>excluídas</i> , sendo que as obras excluídas, como em todas as edições anteriores do PNLD, não têm o direito de figurar no guia.
2006	D	Categorização dos dicionários avaliados de acordo com sua adequação às diversas séries do ensino fundamental.
2007	A; LP, M, C, H e G (1ª a 4ª)	Sem alterações nas categorias de divulgação no guia em relação à edição anterior.
2008	LP, M, C, H e G (5ª a 8ª)	Sem alterações nas categorias de divulgação no guia em relação à edição anterior.

Figura 1: quadro com as características dos guias do livro didático por edição do PNLD e por disciplina.

LP: Língua Portuguesa; M: Matemática; C: Ciências; ES: Estudos Sociais; A: Alfabetização; H: História; G: Geografia; D: Dicionários.

Atualmente o PNLD estabelece que cada aluno do ensino fundamental tem direito a um exemplar de livros das disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, História e Geografia. Além destes livros, os alunos da 1ª série recebem um dicionário de língua portuguesa e, se o professor optar, uma cartilha de alfabetização. A cartilha e os livros da 1ª série são consumíveis (isto é, possibilitam que o aluno redija as respostas dos exercícios e execute as atividades propostas no próprio livro, inviabilizando a sua utilização num próximo ano letivo por outro estudante) enquanto os livros das demais séries devem ser reutilizados por no mínimo três anos, beneficiando mais de um estudante. As compras de livros para alunos de 2ª a 4ª séries e 5ª a 8ª séries ocorrem em exercícios alternados; os livros de 1ª série

são adquiridos anualmente. Nos intervalos das compras integrais são feitas reposições e complementações (BRASIL, FNDE, 2009).

A distribuição de livros avança na direção de contemplar também todas as disciplinas do ensino médio, através do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM. Até o momento, os alunos do ensino médio recebem um exemplar das disciplinas de Português, Matemática, História, Biologia e Química, sendo que a partir de 2009 serão distribuídos também um livro de Geografia e um de Física (BRASIL, FNDE, 2009).

1.3.2 O PNLD/2007 – Ciências

No Edital do PNLD/2007, aparece a seguinte descrição geral do que se deveria esperar das obras da área de Ciências inscritas no programa:

No âmbito da educação para a ciência, iniciativas editoriais que associem correção conceitual, adequação de procedimentos experimentais, atualização pedagógica e reflexão sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade constituem importante instrumento de apoio e qualificação do ensino. Formar, mais que informar; enfatizar processos mais que resultados; conceitos, mais que conteúdos; apresentar a ciência mais como questionamento do que como resposta são características necessárias aos livros didáticos, posto que os interesses dos alunos estão centrados na ação, no diálogo, na confrontação de idéias, no trabalho em equipe, na experimentação, na reflexão conjunta, na busca de novos questionamentos. Os livros de ciências devem, portanto, transmitir o caráter de empresa vital, humana, fascinante, indagadora, aberta, útil e criativa que tem a atividade científica (BRASIL, 2004, p. 37).

No mesmo documento, são listados também os critérios do processo de avaliação, relacionados aos aspectos editoriais, teórico-metodológicos, sócio-culturais e de ordem ética. Há ainda um critério relacionado à apresentação do manual do professor (exemplar do livro didático destinado a orientar o professor quanto ao seu uso, expondo os pressupostos teórico-metodológicos subjacentes ao seu conteúdo, sendo de posse exclusiva dos docentes).

O PNLD/2007 avaliou 37 coleções didáticas de Ciências, as quais foram examinadas por pesquisadores das áreas de Ciências e Educação em Ciências, de diversas regiões do Brasil. A instituição responsável por viabilizar e organizar o processo de análise crítica das coleções foi a Universidade de São Paulo (USP), através do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC), unidade universitária localizada em São Carlos (interior de São Paulo). As coleções avaliadas foram submetidas ao programa sem a capa original e não apresentavam

quaisquer indícios que pudessem permitir a identificação de seus autores e editores pelos avaliadores. Cada obra inscrita no PNLD/2007 – Ciências foi analisada por dois pareceristas de modo independente e, quando necessário, por consultores de áreas específicas (BRASIL, 2004).

Constaram no *Guia do Livro Didático 2007: Ciências – séries/anos iniciais do ensino fundamental* (BRASIL, 2006) resenhas das 12 obras aprovadas – ou seja, 25 foram excluídas do guia por não reunirem as qualidades que justificassem sua adoção nas escolas.

Com exceção de uma coleção, apresentada em dois volumes, para dois ciclos das séries iniciais do ensino fundamental (1^a/2^a e 3^a/4^a séries), todas as coleções foram encaminhadas para a avaliação em quatro volumes, destinados ao ensino em cada uma das quatro séries iniciais do ensino fundamental⁷.

No guia, portanto, as coleções foram consideradas em sua totalidade de volumes, isto é, foram aprovados nas avaliações todos os volumes individuais, não havendo coleções em que volumes de determinadas séries foram aprovados enquanto outros foram excluídos. Como citado (Figura 1), desde o PNLD/2002 a inscrição de obras para análise, pelos editores e autores, só pode ser realizada com a apresentação de coleções completas.

O guia aparece estruturado da seguinte maneira: após uma apresentação da equipe de avaliação (exibindo somente os nomes, sem relacionar suas instituições de origem), há a exposição de parte dos ideais que guiaram o trabalho dos pesquisadores (*Ensinar Ciências fazendo Ciência*), que se encerra com a apresentação dos critérios utilizados nas análises. Segue-se uma apresentação da ficha de avaliação utilizada pelos pareceristas e, finalmente, apresentam-se as resenhas das 12 obras aprovadas. Cada resenha ocupa aproximadamente cinco páginas e apresenta uma *descrição da coleção*, em que constam os títulos das divisões e subdivisões de cada volume, e considerações sobre as categorias *abordagem pedagógica*, *abordagem do conteúdo* e *a experimentação*. Encerrando as resenhas, há considerações gerais, em poucos parágrafos, sobre as principais características das coleções, com orientações aos professores para um bom uso das mesmas nas salas de aula.

Diferentemente de outros guias, o guia do PNLD/2007 chega a apresentar reproduções, na forma de gravuras, de trechos dos livros resenhados. Além disso, as resenhas, antes de serem publicadas, foram lidas e comentadas por um grupo de professores das séries

⁷ Ainda não havia sido aprovada, até então, a Lei nº 11.274 de 6 de fevereiro de 2006 que, alterando o artigo 32 da LDB, instituiu o ensino fundamental com duração de 9 anos, tendo início aos 6 anos de idade. Os estabelecimentos têm até 2010 para se adequar às novas disposições.

iniciais do ensino fundamental, visando à adequação dos textos à forma e ao estilo com que estes profissionais estão habituados a lidar.

1.3.3 As críticas ao programa

Apesar da inegável contribuição das avaliações do PNLD para a melhoria da qualidade dos livros escolares, o programa tem sido alvo de críticas, nos últimos anos, por parte de representantes de diversos segmentos.

Os professores do ensino fundamental se sentem insatisfeitos com a maneira como as avaliações são conduzidas, pois acreditam estar sendo excluídos deste processo. Mais ainda, consideram seu trabalho desvalorizado, na medida em que se dissemina a noção de que, se ocorreu o fracasso do livro didático na aprendizagem, foi devido à sua falta de habilidade em lidar com este material ou de proceder corretamente na escolha da obra mais adequada ao seu estilo e à sua realidade pedagógica. Além disso, dificuldades do PNLD relacionadas ao processo de negociação entre Governo e editoras (em que a maior viabilidade de aquisição de uma determinada obra freqüentemente não está em sintonia com a escolha⁸ dos professores), à distribuição dos livros e a outros fatores operacionais do programa (CASSIANO, 2004) também têm motivado críticas dos profissionais do magistério.

Em outra mão, parte dos autores e das editoras também criticam o programa, alegando que as suas comissões avaliadoras carecem de flexibilidade, objetividade e representatividade. Em parte, a crítica das editoras pode ser desqualificada quando se aponta que as influências que exercem sobre o tema “livro didático” no Brasil estão relacionadas principalmente a aspectos mercadológicos, como *marketing* e pressões sobre agentes governamentais na busca por descaracterizar os critérios de exclusão e classificação de suas obras nas avaliações oficiais (MEGID NETO & FRACALANZA, 2006). Tais pressões também são relatadas por Höfling (2006), que apura uma acentuada participação de um pequeno grupo de editoras no PNLD, cujos mecanismos mais eficientes de divulgação e *marketing* as colocam em uma posição de grande poder de penetração e circulação entre seus “clientes”, influenciando a escolha do professor.

⁸ Os professores devem realizar duas opções de escolha de coleções (quatro livros como primeira e quatro livros como segunda opção), pois a negociação entre governos e editoras está sujeita a variáveis como preço, tiragem mínima e prazo de entrega.

Leão (2003) também analisa de modo crítico os procedimentos de avaliação dos livros didáticos, mais especificamente os que resultaram na elaboração dos guias do PNLD publicados em 1996, 1998 e 2001 na área de Ciências. Considera que estas avaliações, ao contrário da avaliação preliminar de 1994 que gerou o documento *Definição de Critérios para Avaliação dos Livros Didáticos – 1ª a 4ª séries*, influenciaram a correção, em edições posteriores, somente de aspectos periféricos dos livros didáticos analisados, como incorreções conceituais (que, como *supõe*, poderiam ser facilmente vencidas pelos professores na sala de aula), projeto gráfico e atividades propostas. Tais questões, argumenta a autora, têm pouca relevância em comparação aos principais problemas do ensino de ciências, como a ausência de uma abordagem que relacione ciência, tecnologia e sociedade, ou o predomínio de visões antropocêntricas no estudo do ambiente, aparentemente negligenciados pelo PNLD.

Os critérios das avaliações do PNLD referentes aos guias de 1996, 1998 e 2001 são questionados também por Amaral (2006). Este autor, assim como Leão (2003), critica o aparente esvaziamento de critérios ao longo desta série de avaliações, notando que as especificidades da disciplina Ciências nortearam cada vez menos as análises dos pareceristas. Para Amaral, falta às avaliações do PNLD de Ciências uma teoria organizadora que cumpra o papel de orientar critérios de avaliação em acordo com as idéias mais recentes da pesquisa em Educação em Ciências: uma teoria que admita que os alvos centrais no ensino de ciências são as concepções sobre Ciência e Ambiente.

Muitas destas queixas, legítimas e fundamentadas, não estão a salvo de questionamentos, apesar de tudo.

Por exemplo, Leão (2003) atribui às constantes reformulações das comissões de pareceristas do PNLD, no caso de Ciências, parcela da responsabilidade por uma queda na qualidade das avaliações. De fato, como demonstra a autora, entre os guias de 1996, 1998 e 2001 há obras que, sem passar por reformulações, ainda assim apresentaram avaliações (sob critérios praticamente idênticos) discrepantes entre as diferentes edições do programa. Entretanto, perguntamos, a manutenção de uma mesma equipe de especialistas – ou de apenas parte dela – durante as etapas trianuais de avaliação dos livros não estaria contribuindo para tornar o processo ainda mais fechado e concentrado, constituindo uma “elite” de avaliadores?

Do mesmo modo, Leão (2003) e Amaral (2006) entendem que estas avaliações ignoram os princípios recuperados nos PCN, evidenciando uma desarticulação entre as políticas de currículo e os materiais que o auxiliam a ser posto em ação. A este respeito, vale lembrar que nem todos os educadores concordam com as posições adotadas pelos PCN. A própria influência destes documentos em toda a estrutura educacional brasileira é alvo de

controvérsias, já que a não-obrigatoriedade de sua adesão foi alardeada pelo governo, mas no plano legal a observação dos Parâmetros foi imposta em diretrizes curriculares para os cursos de formação de professores, em diretrizes curriculares nacionais para as disciplinas da educação básica, em propostas curriculares oficiais dos estados e mesmo no edital do PNLD para algumas disciplinas⁹. Um dado interessante a acrescentar, sobre esta questão, é a pesquisa de Torres García e colaboradores (2002). Analisando o conteúdo sobre saúde em livros brasileiros de ciências para o ensino fundamental, concluem, entre outras observações, que “En estos libros se ha podido apreciar de manera *clara* la influencia de las directrices curriculares nacionales, los Parâmetros Curriculares Nacionales (PCN), en Brasil [...]” (p. 36, grifo nosso).

Outras observações importantes e justas de Leão (2003), Amaral (2006) e Megid-Neto e Fracalanza (2006) parecem ter sido incorporadas às avaliações mais recentes do PNLD, como que atendendo a suas queixas. Por exemplo, Amaral, em vários momentos¹⁰, reivindica maior atenção à importância das ciências da terra na elaboração de critérios de análise pelo pareceristas do PNLD, o que parece contemplado, ao menos em parte, pelo edital (BRASIL, 2004, p. 38) e pela avaliação do PNLD/2007 (BRASIL, 2006, p. 24). Os possíveis problemas decorrentes da estratificação que a classificação das obras apresentava até o PNLD/2005, supostamente capaz de direcionar a escolha dos professores, foram resolvidos com a adoção das categorias *aprovado* e *excluído*, no lugar da miscelânea de “estrelinhas” indicando as ressalvas e distinções. Isso parece resolver também outra dificuldade: a indicação, pelos guias mais antigos, de apenas uma ou duas obras como mais adequadas ao ensino durante os ciclos. Finalmente, a possibilidade de volumes de diferentes séries obterem avaliações discrepantes também foi eliminada com a inscrição e análise de obras como coleções, o que vem acontecendo desde o PNLD/2002.

Não podemos deixar de mencionar a crítica dos grandes meios de comunicação que, como dito anteriormente (ver a subseção 1.1.3), afirmaram identificar em livros de História adotados nas escolas – e, portanto, aprovados pelo crivo do PNLD – mensagens capazes de promover uma verdadeira doutrinação comunista dos estudantes. Este é um assunto delicado que merece ser averiguado de modo mais sistemático e criterioso, diferentemente do que tem feito os veículos da imprensa.

⁹ No edital do PNLD/2007 (BRASIL, 2004) isto fica explícito no caso da disciplina de Língua Portuguesa (p. 55).

¹⁰ Especificamente, às páginas 100, 102, 103 e 106.

Como solução a esta situação de impasse entre editores, autores, professores e pesquisadores, Lajolo (1996) sugere que o processo de avaliação do livro didático seja progressivamente assumido por outras instâncias além das que já estão envolvidas, como associações de profissionais do magistério, congregações de pais de alunos e sociedades científicas, entre outros. Conforme argumenta a autora, este processo de descentralização poderia contribuir para a melhoria da qualidade dos livros, pois estes estariam sujeitos a avaliadores mais exigentes.

Ferreira (2000, p. 197) também discorre sobre a importância do envolvimento do professor nas decisões pertinentes à realidade do livro didático e acrescenta que

O erro crasso (do PNLD) foi distribuir livros com uma concepção construtivista que privilegia a construção do conhecimento a professores acostumados a utilizar cartilhas, onde as respostas às questões propostas nos textos já vem prontas no livro do mestre. Era preciso primeiro capacitar os professores na lida com esta nova concepção deste instrumento pedagógico, antes tão familiar a ele.

Todas as questões que foram levantadas acima constituem temas polêmicos que devem motivar discussões entre os agentes envolvidos na realidade não só do livro didático, mas da educação brasileira como um todo. Acima de tudo, a busca pela superação das limitações que o PNLD apresenta deve orientar iniciativas do poder público (através de suas instituições) que de fato elevem a qualidade do programa e assim contribuam para que este seja uma referência no trato dos livros didáticos pelo Estado.

1.4 A TÍTULO DE SÍNTESE

O livro didático é um objeto com grande influência no processo da educação formal. Ao longo de sua história, tem sido objeto de vigilância, censura e análise.

Apresenta diferentes funções, que contribuem para torná-lo complexo. Esta complexidade chama a atenção dos pesquisadores, que buscam identificar seu papel como suporte dos currículos, como guia metodológico, como veículo da cultura e de ideologias e como dinamizador de discursos e relações entre os sujeitos do espaço da sala de aula. Estes pesquisadores vêm apontando, através da divulgação de seus relatos, que os livros escolares apresentam inúmeras falhas, alertando aos professores para que não façam deste recurso sua “muleta”.

No Brasil, desde a década de 1930 os governos têm criado programas visando à aquisição e distribuição gratuita de livros escolares, numa política com teor assistencialista. Mais recentemente, na década de 1990, o MEC, exercendo seu direito de consumidor, passou a organizar avaliações sistemáticas das obras que vinha adquirindo.

Estas avaliações, hoje a cargo do PNLD e do PNLEM, certamente têm dado sua contribuição para a melhoria gradual dos livros didáticos, mas ainda sim desencadeiam reações e críticas de diversos segmentos envolvidos com a educação básica brasileira. Com os livros da disciplina de Ciências não tem sido diferente, se destacando a crítica de acadêmicos sobre os critérios avaliação adotados nas últimas edições do PNLD.

A iniciativa do MEC de avaliar os livros escolares e impedir que obras inadequadas cheguem às salas de aula é ainda recente. Apesar de um número cada vez maior de investigadores se dedicar à questão do livro didático, algumas questões ainda não foram respondidas. Enquanto a sociedade reúne esforços para dissipar estas dúvidas, o debate sobre o livro didático e seu papel na formação do estudante prossegue.

CAPÍTULO 2

A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS, I: Breve histórico e modalidades

No capítulo anterior, estudamos diversos aspectos do livro didático e revisamos parte da produção intelectual dedicada à avaliação de seu papel nas situações formais de ensino e aprendizagem. Afinal, o livro, como recurso didático, é um objeto central das considerações deste trabalho.

No entanto, não estamos a estudar somente o livro. Igualmente importante é a questão da *experimentação no ensino de ciências* e por isso dedicaremos a ela este capítulo e o seguinte.

De início, após breves considerações sobre o que entendemos por “experimentação” e termos similares, situaremos historicamente a experimentação como estratégia para o ensino dos conteúdos científicos, enfatizando o período subsequente à emergência dos famosos projetos curriculares. Estes projetos foram expressão de um desejo de renovação na educação científica praticada pelos países capitalistas e surgiram em um momento tenso de nossa História, representado pela polarização entre potências do capitalismo e do socialismo após a Segunda Guerra Mundial. Acompanhando este movimento histórico, veremos como a experimentação veio a se constituir em um objeto cada vez mais complexo e fonte de grandes debates entre a comunidade de especialistas em questões educacionais.

Atualmente, estes especialistas concordam que as atividades de caráter experimental já não podem compartilhar dos mesmos pressupostos que embasavam sua realização à época da formulação dos projetos curriculares americanos e europeus, isso há aproximadamente meio

século. Um profundo e abrangente movimento de reorientação epistemológica levou a educação científica a repensar seus fins e meios – incluída a experimentação nestes últimos. Até final do capítulo, esperamos ter exposto um quadro suficientemente amplo e claro para alguma compreensão do significado desta reorientação e de suas conseqüências para este que é um de nossos objetos de estudo.

2.1 BREVE ESTUDO SEMÂNTICO

Até o início deste capítulo, fizemos o uso livre e indiscriminado de expressões como *experimentação*, *experimentos* e *atividades experimentais*. Para prosseguirmos, será necessário um verdadeiro trabalho de “dissecação” do conteúdo semântico de algumas destas expressões, na busca por uma maior precisão em nossas considerações futuras.

Para iniciar este trabalho, pesquisamos os verbetes *experiência*, *experimentação*, *experimental* e *experimento* em três dicionários de língua portuguesa, *Houaiss* (KOOGAN & HOUAISS, 1997, p. 650-651), *Michaelis* (MICHAELIS, 1998, p. 923) e *Aurélio* (FERREIRA, 1999, p. 862).

O verbe *experiência*, nos três dicionários, aparece com significados práticos: prática de vida, vivência, “É homem vivido, cheio de experiência” (*Aurélio*). Esta dimensão prática, freqüentemente, é exposta por uma óptica mais epistemológica: “Conhecimento adquirido pela prática da observação ou exercício” (*Houaiss*), “Conhecimento adquirido graças aos dados fornecidos pela própria vida [...] Conhecimento das coisas pela prática ou observação” (*Michaelis*). A caracterização prática da experiência também está presente nas definições do verbe *experimental*: pôr em prática, executar, conhecer por experiência.

O lado prático da experiência também possui uma dimensão técnica, com conotação mais mecanizada, quase involuntária: “Habilidade, perícia, prática, adquiridas com o exercício constante de uma profissão, duma arte ou ofício” (*Aurélio*), “Perícia, habilidade que se adquirem pela prática” (*Michaelis*). O mesmo pode ser dito quanto ao verbe *experimental*: para o *Aurélio* e o *Michaelis*, pode ser o mesmo que adestrar (-se).

A dimensão filosófica da experiência aparece somente no *Aurélio*: “Conhecimento que nos é transmitido pelos sentidos [...] Conjunto de conhecimentos individuais ou específicos que constituem aquisições vantajosas acumuladas historicamente pela humanidade”. Logicamente, trata-se da corrente de pensamento conhecida como *empirismo*, para a qual não

é possível o conhecimento do real sem o uso dos sentidos, pois não existiriam dados *a priori* na mente humana. Veremos mais adiante a importância do empirismo (e, mais ainda, de sua superação) para a experimentação no ensino de ciências.

Finalmente, a experiência é caracterizada, nos três dicionários, como um objeto ou momento da cultura científica: “Ensaio, tentativas para verificar ou demonstrar qualquer coisa” (*Houaiss*), “Ensaio prático para descobrir ou determinar um fenômeno, um fato ou uma teoria; experimento, prova” (*Michaelis*). O dicionário *Aurélio* chega a exemplificar: experiência química.

Estas últimas definições darão o tom àquelas dos verbetes *experimentação* e *experimento*, postos como sinônimos entre si e sinônimos de *experiência* nos três dicionários.

Enquanto que nos outros dicionários a experimentação é apenas o ato ou efeito de experimentar, o *Aurélio* comporta um maior esclarecimento: “Método científico que consiste em observar um fenômeno natural sob condições determinadas que permitem aumentar o conhecimento que se tenha das manifestações ou leis que regem esse fenômeno”.

Nos três dicionários, define-se experimento de modo semelhante: “Ensaio científico para a verificação de relações entre fatos bem definidos” (*Michaelis*), “Experiência (principalmente falando de ensaios e estudos científicos)” (*Houaiss*) e “Ensaio científico destinado à verificação de um fenômeno físico” (*Aurélio*).

Os dicionários reservam definições outras para os quatro verbetes pesquisados, por exemplo, *experimentar* como “sentir, sofrer, suportar” (*Michaelis*). No entanto, como indicado, consideramos relevantes para este trabalho somente as pertencentes a um dos seguintes domínios:

- Domínio prático: experiência do senso comum, vivência, produto do contato intenso e freqüente com aspectos da realidade, levando ao conhecimento, ao domínio, ao adestramento;
- Domínio filosófico: empirismo, como crença na aquisição do conhecimento através dos dados do real, mediado pelos sentidos¹¹;
- Domínio da atividade científica: experimentação, experiências ou experimentos como constituintes da atividade de investigação científica, destinados à observação/verificação de fenômenos/leis, sujeitos a determinadas regras (métodos científicos).

¹¹ Conforme Chauí (2004, p. 132), “as palavras *empírico* e *empíria* são derivadas da palavra grega *empeiría*, que significa a experiência sensorial, direta e imediata das coisas exteriores (objetos dos sentidos) e interiores (vivências).”

Assim, caracterizamos as palavras *experiência*, *experimental*, *experimentação* e *experimento* como possuidoras de diversos conteúdos semânticos que ora se aproximam, ora divergem. Estes conteúdos podem ser enquadrados nos três domínios que julgamos convenientes para prosseguir.

Ao longo de sua história como parte constituinte do ensino e da aprendizagem das ciências, a experimentação passou por diversos momentos, assumindo diferentes características e finalidades. Quanto a estas, veremos que é possível explorá-las a partir da óptica dos domínios semânticos previamente identificados.

2.2 PEQUENO HISTÓRICO

Por que foi preciso recuperar as definições vernáculas de palavras como *experimentação*, em uma dissertação de mestrado sobre o ensino de ciências? Quer dizer, quando alocada próxima à palavra *ciências*, o domínio semântico da palavra *experimentação* já não estaria determinado de antemão, não seria certamente o domínio relacionado à atividade científica?

Se tais questionamentos parecem razoáveis do ponto de vista do senso comum, o mesmo não se pode afirmar com o conhecimento da história das preocupações com o ensino dos conteúdos científicos. Ao longo desta história, a experimentação atendeu a diferentes funções e interesses, em alguns aspectos tão contrastantes que é possível, até mesmo, se falar em diferentes *modalidades* de realização de atividades experimentais nas situações didáticas. Para cada uma destas modalidades, tidas como paradigmas em seus respectivos contextos históricos, diferentes domínios semânticos de palavras como *experimentação* e *experiência* parecem ter sido ativados e enfatizados.

Buscaremos, neste passeio histórico, recuperar os momentos iniciais da inserção das atividades experimentais no ensino do conhecimento científico, mostrando que, desde então, ocorreu um nítido processo de evolução. Quando possível, exploraremos este processo em suas motivações e repercussões internacionais e nacionais.

2.2.1 “Pré-história” da experimentação no ensino de ciências: experimentação na ciência

A partir de que momento a atividade experimental passa a ser considerada desejável e relevante para o ensino dos conteúdos científicos, nos estabelecimentos formais?

Sabemos que isso não teria sido possível antes que a própria atividade científica passasse a utilizar a experimentação como um recurso para a construção de conhecimentos. Nosso ponto de partida, portanto, é o momento da gênese do que chamamos anteriormente de domínio da atividade científica, na caracterização do conteúdo semântico de palavras como *experiência* e *experimentação*.

Pinho Alves (2000) apresenta sua visão sobre quando e como isto se deu:

No momento que o Homem sentiu a necessidade de transcender a “doxa”¹² e construir uma “episteme”¹³ relativa aos fatos da natureza, fez dessa empreitada um projeto ou ideal da humanidade. Ultrapassando seus instrumentos naturais (sentidos), adota um proceder premeditado e circunstanciado. O fato bruto oferecido pela natureza é transmutado em fato científico, quando então se torna passível de análise através do diálogo experimental, regido por procedimentos próprios construídos historicamente.

A “experimentação” fica assim associada à produção de um conhecimento mais elaborado, que procura dar conta de situações mais amplas, mais generalizantes ou mais universais – a episteme (p. 191).

Freqüentemente, atribui-se a três nomes a responsabilidade pela fundação desta *ciência moderna*, dita revolucionária: Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650) e Galileu Galilei (1564-1642).

Bacon, em seu *Novum Organum*, apresenta um novo método¹⁴ para a descoberta científica, buscando superar o método indutivo-dedutivo de Aristóteles. Diferentemente do estagirita grego, Bacon creditava somente à *indução* a possibilidade de um verdadeiro conhecimento dos fenômenos naturais e de suas causas. Esta posição se alicerça no pressuposto de que “desde que certas condições sejam satisfeitas, é legítimo *generalizar* a partir de uma lista finita de proposições de observação singulares para uma lei universal”

¹² *Dóxa*: palavra grega para designar o conhecimento fruto da opinião própria, não necessariamente submetido a processos de elaboração racional.

¹³ *Epistême*: palavra grega para designar o conhecimento científico, o conhecimento que se dirige à verdade, seguindo os princípios da lógica.

¹⁴ “A palavra *método* vem do grego *methodos*, formada por *meta*: ‘através de, por meio de’, e por *hodos*: ‘via, caminho’. Usar um método é seguir regular e ordenadamente um caminho através do qual uma certa finalidade ou um certo objetivo é alcançado. No caso do conhecimento, é o caminho ordenado que o pensamento segue por meio de um conjunto de regras e procedimentos racionais [...] O método é, portanto, um instrumento racional para adquirir, demonstrar ou verificar conhecimentos” (CHAUI, 2004, p. 162).

(CHALMERS, 1993, p. 26, grifo do autor). Na concepção de Bacon, os sentidos são fundamentais, pois captam o que chamaríamos hoje de estrutura do real. É através dos sentidos que o homem pode observar, *experimental* a natureza. Mas isso não basta: é preciso dominá-la, é preciso, através da força – a força do *experimento científico* – fazer com que ela se mostre, que ela permita que seus segredos sejam desvendados. Diz Hodson (1988, p. 3), a respeito desta concepção, que “os experimentos vão além da (mera) observação; são eventos projetados e estritamente controlados, e é este controle estrito que lhes dá sua força particular”. Dominar a natureza para, assim, coletar os dados que, registrados e analisados, permitirão a apreensão da estrutura do real: eis a essência do método *empirista-indutivista* de Bacon – e eis a gênese das idéias que levariam ao positivismo de Comte.

Descartes, por sua vez, é chamado por Chauí (2004, p. 66) de “iniciador do racionalismo moderno”. Sua oposição a Aristóteles se dá por uma via quase completamente contrária à proposta por Bacon: pela subordinação dos dados dos sentidos à atividade puramente intelectual como caminho para a descoberta da verdade. Por que esta recusa inicial, por que desconfiar do que os olhos podem ver, do que as mãos podem tocar? Hirschberger (1957, p. 83), falando sobre a filosofia de Platão, explica:

A percepção sensível é incerta. Estamos continuamente a experimentar que os nossos olhos vêm as cousas diferentes do que são. E ainda mais incertos são os outros sentidos. Mas particularmente chocante é ainda o nos parecerem os mesmos dados sensíveis diversos do que parecem nos outros homens. [...] Além disso o mundo dos sentidos é o mundo do vir-a-ser e do constante movimento, onde tudo corre. [...] Se na realidade tudo corre, naturalmente não pode haver no mundo dos sentidos nenhuma verdade e ciência, pois nada permanece; ao contrário, o conceito de verdade exige o continuamente idêntico a si próprio. E finalmente as informações dos sentidos não são em geral nunca para Platão um conhecimento formal, mas somente o material do conhecimento.

Decerto, o racionalismo moderno de Descartes tem seu embrião no pensamento de Platão (PINHO ALVES, 2000). Até mesmo a idéia de um mundo matematicamente estruturado, em que são válidas as rigorosas regras do número e da qual Descartes é partidário, já está presente no discurso do filósofo ateniense. Mas, ao contrário deste, Descartes não despreza totalmente os dados da percepção: “a experiência fica subordinada à razão, na medida em que se reduz, praticamente, a uma função comprobatória. A experiência se faz presente, quando solicitada, caso contrário é dispensável” (PINHO ALVES, 2000, p. 181). Como o exercício da função comprobatória da experiência só é possível caso se disponha, *a priori*, de uma proposição geral cuja validade para um caso particular se deseja verificar, diz-se que o método cartesiano é *dedutivo*:

Percebi [...], no que concerne às experiências, que estas são tanto mais necessárias quanto mais adiantado se está em conhecimentos. [...] Primeiramente, tentei descobrir, em geral, os princípios ou causas primitivas de tudo o que é ou que pode ser no mundo. [...] Depois, examinei quais eram os primeiros e mais comuns efeitos que podiam ser deduzidos de tais causas. [...] Após isso, quis descer às mais particulares (DESCARTES, 1987 apud GIORDAN, 1999, p. 44).

Finalmente, encontramos também em Galileu a influência de Platão, como em Descartes. Giordan (1999) afirma que Galileu completa o ataque à filosofia aristotélica no século XVII, representado pelas idéias de Bacon e Descartes. Koyré (1991, p. 155) caracteriza o trabalho de Galileu como tendo objetivos e alcances ainda mais audaciosos:

O que os fundadores da ciência moderna, entre os quais Galileu, tinham de fazer não era criticar e combater certas teorias erradas, para corrigi-las ou substituí-las por outras melhores. Tinham de fazer algo inteiramente diverso. Tinham de destruir um mundo e substituí-lo por outro. Tinham de reformar a estrutura de nossa própria inteligência, reformular novamente e rever seus conceitos, encarar o Ser de uma nova maneira, elaborar um novo conceito do conhecimento, um novo conceito de ciência, e até substituir um ponto de vista bastante natural – o do senso comum – por um outro que, absolutamente, não o é.

De acordo com o mesmo autor, na mesma obra, para levar adiante este empreendimento ousado, “a reestruturação do mundo” por Galileu teve de contemplar:

- A dissolução do conceito de Cosmo, como todo finito e hierarquicamente organizado atendendo a princípios de ordem e virtude, substituído pelo conceito de Universo, “um sistema ordenado de causas e efeitos necessários cuja estrutura profunda e invisível é matemática” (CHAUÍ, 2004, p. 49). Como consequência,
- A matematização (geometrização) da natureza, levando à matematização (geometrização) da própria ciência;
- A fusão da física celeste com a física terrestre, impossível para Aristóteles, para o qual o mundo celeste era até mesmo composto de uma essência diversa¹⁵;
- A igualação do *status* ontológico do movimento e do repouso, em que ambos passam a ser *estados*. Na física de Aristóteles, o movimento é tido como um processo, um devir, e o repouso é o fim do movimento;
- Finalmente, o tratamento do real pelo impossível – o ser real pelo ser matemático.

¹⁵ Uma *quintessência*, pois o mundo sublunar seria composto por quatro essências ou elementos, terra, água, fogo e ar.

A ênfase na estrutura matemática do real e a convicção de Galileu de que “é o pensamento puro e sem mistura, e não a experiência e a percepção dos sentidos que constitui a base da ‘nova ciência’” (KOYRÉ, 1991, p. 193) entram em confronto com a imagem comumente veiculada do cientista¹⁶. Galileu é conhecido como o notável experimentador que, graças ao seu telescópio, ameaçou o poder da Igreja, pagando um preço caro por sua ousadia. Novamente recorremos a Koyré, na mesma obra (p. 54), para um esclarecimento a respeito do papel de Galileu para ciência:

Galileu se nos afigura [...] como um dos primeiros homens que compreenderam, de modo preciso, a natureza e o papel da experiência na ciência.

Galileu sabe que a experiência – ou se me permitir o emprego da palavra latina *experimentum*, para justamente situá-la em oposição à experiência comum, à experiência que não passa de observação –, que o *experimentum* é uma pergunta feita à natureza, uma pergunta feita numa linguagem muito especial, na linguagem geométrica e matemática. Sabe que não basta observar o que se passa, o que se apresenta normalmente e naturalmente aos nossos olhos; sabe que é preciso saber formular a pergunta e, além disso, saber decifrar e compreender a resposta, ou seja, aplicar ao *experimentum* as leis estritas da medida e da interpretação matemática.

Parece-nos suficiente, a esta altura, o passeio que realizamos pelas obras de filósofos e historiadores da ciência para determinar o momento em que palavras como *experiência* e *experimento* passaram a compor o vocabulário científico de um modo novo e especial, provocando o surgimento do domínio semântico da atividade científica para estas palavras.

Antes do aparecimento de diversos personagens, que representamos por Bacon, Descartes e Galileu, a única experiência requisitada para a construção do conhecimento científico é a experiência do senso comum. Com o advento da ciência moderna, esta experiência passa a ser encarada como insuficiente ou até indesejável. Em outras palavras, já não basta o uso da experiência e dos experimentos quando considerado apenas o que chamamos de domínio prático, quanto à semântica destas palavras.

O que chamamos de domínio filosófico passa a guiar a concepção de um método científico por Bacon. Descartes e Galileu, com o papel de opositores deste empirismo-indutivismo, creditam a uma via oposta – matemático-dedutiva – a possibilidade da elaboração de uma *episteme*.

Vale dizer que, apesar da tendência à oposição do pensamento de Bacon ao de Descartes e Galileu, não é possível afirmar que qualquer uma das correntes possa tomar para si a responsabilidade por oferecer um verdadeiro método para o progresso do conhecimento

¹⁶ Pagliarini (2007) mostra que é freqüente, entre os atuais livros didáticos de Física para o ensino médio, a apresentação de Galileu como experimentador sagaz e heróico, nos conteúdos dedicados à História e Filosofia da Ciência nestas obras.

científico. Sobre a relativização deste “franco e áspero contraste” entre as duas escolas ou tradições, nos valem do que escreve Rossi (1992, p. 211-212):

a ciência do século XVII foi ao mesmo tempo galileana e baconiana e cartesiana. A lei de Boyle sobre o volume de um gás a temperatura constante e a de Galileu sobre a queda dos corpos parecem “verdades” independentemente do método diferente usado para determiná-las. [...] A ciência moderna que tem a ver com as “teorias” e com os “experimentos”, com a “necessidade” e com a “contingência”, com a “simplicidade” e com a “variedade” da natureza, que se nutriu de visões metafísicas divergentes e opostas, nasceu, por caminhos tortuosos e difíceis, de múltiplas e discordantes tradições.

2.2.2 Momentos iniciais

Pena (2000), Pinho Alves (2000) e F. P. Gonçalves (2005), buscando localizar o momento em que a experimentação começa a ser requisitada nos cursos de ciências, informam que esta demanda já se faz presente a partir do século XVIII, na Europa – não muito tempo após a gênese da ciência moderna. Os autores mencionam ainda a importância das universidades para este momento: o ensino superior, incluindo os experimentos científicos na formação dos bacharéis, cria o modelo de laboratório científico para as escolas secundárias. No Brasil, é no final do século XIX que a questão passa a chamar a atenção das políticas do Império: o Decreto nº 7.247, assinado por D. Pedro II em 19 de abril de 1879, determina que “no Instituto Nacional, localizado no Rio de Janeiro, o ensino de 2º grau deveria ter as disciplinas do 1º grau e mais Física, Química e História Natural, ‘com explicação de suas principais aplicações à indústria e aos usos da vida’” (PENA, 2000, p. 47).

A maior parte dos trabalhos em que buscamos nos apoiar para traçar um histórico da experimentação no ensino de ciências tende a explorar com menor profundidade este período inicial. Será frutífero que nos dediquemos a esta tarefa, para um melhor entendimento da constituição atual de nosso objeto de estudo.

O trabalho de Pinho Alves (2000), caracterizando os laboratórios didáticos de acordo com seus “tipos e metodologias” (p. 64), estabelece uma nomenclatura que será interessante aproveitar aqui. Particularmente, abordaremos o que o autor chama de *laboratório de demonstrações* e *laboratório tradicional*, concepções sobre os tipos de laboratórios didáticos mais característicos do período ora em estudo.

Entendemos que o laboratório de demonstrações pode designar tanto um espaço com estrutura especial para a execução de experimentos quanto as próprias salas de aula em que estes fossem realizados. O ponto central é que, como o nome indica, o laboratório de demonstrações é aquele em que o único executor das atividades experimentais é o próprio docente, cabendo aos alunos assistir ao que é demonstrado.

Já o laboratório tradicional, “quando se fala em laboratório didático, é o primeiro que nos vem à mente” (PINHO ALVES, 2000, p. 66). Pensamos neste laboratório como o que, estruturado para a atividade científica, recebe o professor e os alunos para que aquele supervisione os últimos enquanto executores do trabalho experimental, com a *intenção* de que desenvolvam uma investigação científica propriamente dita, ainda que, na realidade, a atividade não demande muito mais que rigor quanto ao seguimento das instruções de um roteiro.

Acreditamos que as duas concepções de laboratório correspondem a desdobramentos do que Mizukami (1986) define como *abordagem tradicional do processo de ensino*: “não se fundamenta implícita ou explicitamente em teorias empiricamente validadas, mas numa prática educativa e na sua transmissão através dos anos” (p. 7). Lendo as palavras da mesma autora sobre esta abordagem, é impossível não esboçar mentalmente um retrato da escola como a conhecemos¹⁷: ensino centrado na palavra e na autoridade do professor, detentor de um saber factual e inquestionável; relação vertical entre professor e aluno, sendo este um repositório ou receptáculo de informações (tábula rasa); crença na possibilidade do conhecimento se transmitir de um indivíduo a outro, levando à irrelevância de quaisquer menções a um processo de aprendizagem; educação vista mais como produto do que como processo; emprego da estratégia expositiva para o ensino, desconsiderando ou evitando a interação aluno-aluno; e avaliação como medida da exatidão com que os alunos possam reproduzir os conteúdos comunicados.

Considerar o laboratório de demonstrações como desdobramento do ensino tradicional significa afirmar que a função do experimento demonstrado pelo professor é *ilustrativa*, auxiliar, acessória. “Sua realização é *facultativa*; daí sua ausência não resultar comprometimento maior no ensino” (PINHO ALVES, 2000, p. 66, grifo do autor). A demonstração do professor à classe se caracteriza, portanto, como uma espécie de recurso retórico do mestre: diante da dificuldade em transmitir o fato científico, se é preciso que se “veja para crer”, que o aluno veja, então. Criticando os que atribuem à demonstração

¹⁷ Ou como nos acostumamos a conhecê-la!

experimental a possibilidade de incitar os alunos à observação e à reflexão, Pinho Alves (2000, p. 66), afirma que

os aspectos “observar” e “refletir” estão muito próximos de uma visão empirista, pois o ambiente experimental está pronto para que uma certa “coisa” seja observada. E se, partindo da observação, o aluno for solicitado a refletir, não há dúvida de que passa a aceitar que os fatos falam por si e deles serão obtidas as leis físicas.

Como assinala Mizukami (1986, p. 9-11), o empirismo é uma das características da abordagem tradicional de ensino:

Quer se considere o ensino verbalista predominante historicamente na Idade Média e Renascença, quer se considere o ensino defendido nos séculos XVIII e XIX, baseado numa psicologia sensual-empirista, a ênfase é dada ao externo [...] Mesmo se considerando o ensino baseado numa psicologia “sensual-empirista”, atribui-se ao sujeito um papel insignificante na elaboração e aquisição do conhecimento. Ao indivíduo que está “adquirindo” conhecimento compete memorizar definições, enunciados de leis, sínteses e resumos que lhes são oferecidos no processo de educação formal a partir de um esquema atomístico.

Pinho Alves (2000) também menciona a função *motivadora* da demonstração experimental: para chamar a atenção da classe para o assunto que será tratado, um experimento pode ser exibido no início da exposição. Também sobre este aspecto o experimento demonstrativo pode ser enquadrado como um recurso do ensino tradicional: “A motivação para a realização do trabalho escolar é, portanto, extrínseca e dependerá de características pessoais do professor para manter o aluno interessado e atento” (MIZUKAMI, 1986, p. 16).

Sobre o chamado laboratório tradicional, nossas considerações são semelhantes. A possibilidade dos alunos executarem seus próprios experimentos, desejando atingir um resultado pré-determinado como correto pelo professor, seguindo os passos de um roteiro similar a uma receita, não muda a orientação empirista que a experimentação assume em uma perspectiva tradicional do processo de ensino. Tampouco influencia no forte caráter retórico do experimento tradicional, agora tratado como *verificador* de teorias: serve à validação do discurso proferido previamente pelo mestre, autoridade máxima também no laboratório didático.

Voltemos então a pensar em termos dos domínios semânticos envolvidos nas palavras *experimentação*, *experiência* e *experimento*, nos contextos do laboratório de demonstrações e do laboratório tradicional. Para ambas as situações, vimos que o domínio semântico filosófico – empirismo – parece estar presente no significado das três palavras, devido às próprias características do ensino tradicional. O domínio prático também comparece: no laboratório de

demonstrações, como experiência do senso comum, dado da realidade; no laboratório tradicional, também como experiência do senso comum, mas muito mais como prática, como vivência, como habilidade em lidar com os instrumentos e procedimentos envolvidos na atividade experimental. Quanto ao domínio da atividade científica, podemos identificá-lo no experimento do laboratório tradicional, mas com ressalvas importantes. Este experimento não é mais que uma versão simplificada do trabalho científico, simplificação esta que gera uma profunda distorção, levando ao que Arruda e Laburú (1998) chamam de *imagem tradicional ou popular da ciência e teses indutivistas-verificacionistas*. Esta visão de ciência é criticada, por estes autores, por se fundamentar em dois pressupostos questionáveis, que redigem como:

(i) As leis ou teorias científicas existem na natureza e podem ser descobertas pela investigação científica, ou seja, através da observação sistemática. A partir da experimentação ou medição as leis e teorias são criadas. [...] (ii) A função do experimento na ciência é comprovar as hipóteses ou teorias levantadas, as quais podem ser chamadas de leis e consideradas verdadeiras. Portanto são científicas somente as afirmações comprovadas experimentalmente (p. 54-55).

Estes pressupostos, por sua vez, se originam de uma compreensão parcial e singela do empirismo-indutivismo de Bacon, gerando o que Chalmers (1993) chama de *indutivismo ingênuo*.

Como diz Pena (2000, p. 50), a abordagem tradicional da experimentação para o ensino de ciências “vai até mais ou menos meados do século XX e preponderou de forma absoluta não só no Brasil, mas também em outros países”. Isso não quer dizer que, da década de 50 em diante, foram desaparecendo das escolas as modalidades tradicionais de se conduzir a experimentação, mas que, a partir deste período, estas puderam conviver com novas propostas. A estas, dedicamos as subseções a seguir.

2.2.3 A era dos projetos curriculares

É praticamente lugar-comum, nos trabalhos da área de Educação em Ciências, que parte significativa dos textos seja dedicada à chamada *era dos projetos curriculares*, reflexo de um momento de renovação no ensino de ciências, liderado pelos Estados Unidos e pela Inglaterra a partir do final dos anos 50 do século XX. Sem dúvida, isto se justifica pelo fato de que é com este movimento que o próprio campo da Educação em Ciências (inicialmente

pensado apenas como uma Didática das Ciências), do modo como o conhecemos, começa a se constituir.

Assim, não desejamos recontar esta história em pormenores nem explorar exaustivamente seu pano de fundo e suas repercussões. Há diversos trabalhos que já realizaram competentemente esta tarefa, entre eles muitos dos que nos auxiliarão nos próximos parágrafos. No entanto, não será possível prosseguir sem mais uma reconstituição, ainda que breve, deste marcante período.

Para iniciar, nos valem das palavras de Porlán Ariza (1998, p. 176), que falando sobre os antecedentes de uma Didática das Ciências, afirma que para diversos autores

el origen de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento disciplinar hay que situarlo en los años cincuenta, asociado al desarrollo institucional que en los países anglosajones se da a la investigación y experimentación en el campo de la enseñanza de las ciencias y en el contexto de una serie de medidas político-económicas y educativas que pretenden impulsar el crecimiento científico y tecnológico de estos países [...].

O contexto destes anos seguintes ao término da Segunda Guerra Mundial é o de um mundo dividido: de um lado, o capitalismo, com os Estados Unidos como seu grande expoente; de outro, o socialismo, representado pela então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). O que desencadeia as medidas político-econômicas e educativas citadas no fragmento acima é a percepção, por parte do governo estadunidense, de que os soviéticos detêm uma supremacia científico-tecnológica, vista como ameaçadora. Símbolo desta supremacia é o lançamento do primeiro satélite artificial, o Sputnik I, pela URSS em 1957.

Para os governantes americanos, torna-se necessário e urgente “assegurar educação e treinamento em ciência e engenharia aos futuros quadros técnicos e científicos necessários à modernização pretendida” (FRACALANZA, 2006b, p. 129). Mais do que isso, é preciso combater as deficiências no ensino das disciplinas científicas desde os níveis anteriores. Daí, especificamente, surge o movimento de reforma curricular marcado pela elaboração de novos projetos de ensino. Estes projetos – para citar alguns, o *Physical Science Study Commitee* (PSSC), o *Chemical Bond Approach Project* (CBA) e o *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) – entram em jogo buscando uma superação do ensino tradicional, considerado um modelo ineficiente e ultrapassado. Um pouco mais tarde, na Inglaterra, se põem em marcha outros projetos, como os projetos Nuffield de Física, Química e Biologia, além de uma atenção especial à formação dos professores (PÓRLAN ARIZA, 1998).

Deve-se reconhecer que, mesmo que suas motivações possam ter algo de condenável, a reforma curricular do ensino de ciências proposta pelos Estados Unidos e pela Inglaterra via projetos deixou um legado de imenso valor. Pela primeira vez, o ensino de ciências é visto como uma necessidade para a formação do cidadão (KRASILCHIK, 1987). Schnetzler e Aragão (1995) mencionam outras contribuições importantes: o nascimento de diversas áreas de investigação (sobre a estrutura do conteúdo das disciplinas científicas, sobre os objetivos do ensino de ciências, sobre a efetividade de novas abordagens instrucionais propostas, sobre a aprendizagem dos alunos, entre outras), a constituição dos primeiros grupos de pesquisa sobre ensino de ciências (ainda que influenciados por visões positivistas), a difusão da idéia de um currículo em espiral, a não-dicotomia entre teoria e prática (“em oposição à tradicional separação entre disciplinas teóricas e experimentais”, p. 29) e a crítica à abordagem tradicional.

Interessa-nos especialmente, sobre a filosofia que orientou a elaboração dos projetos, a noção de que era possível e necessário que o ensino de ciências buscasse, mais do que ensinar conteúdos, ensinar *sobre* ciências. Entra em cena, então, o laboratório científico, dessa vez não como recurso acessório, complementar, facultativo, mas como potencial protagonista de uma revolução. Afinal, se é preciso ensinar sobre ciência, tanto melhor que se coloque o aluno na posição de um verdadeiro cientista (um “mini cientista”), trabalhando em um laboratório adequadamente equipado. Só assim ele estará em condições de pôr em prática o *método científico* para fazer suas descobertas. Ou melhor: *redescobertas*.

Sobre esta que consideramos uma outra modalidade de atividades experimentais para o ensino de ciências, Amaral (2006, p. 108) diz que

tratava-se de um método indutivo-experimental, em que o aluno colocava em prática uma espécie de receituário de procedimentos, proposto pelo professor ou pelo material didático, que o levaria a redescobrir com segurança e precisão os conhecimentos científicos previstos nos programas e currículos. Procedimentos originais e conclusões fora da pauta oficial não faziam parte do cardápio de opções oferecidas pelo ensino por redescoberta.

O “receituário de procedimentos” mencionado pelo autor nada mais é que a encarnação do método científico. De acordo com Schnetzler e Aragão (1995, p. 29), o movimento de reforma curricular acabou mitificando este “método todo poderoso que leva à descoberta das verdades científicas através de observações objetivas e neutras”. Como que ignorando outras possíveis formas de obtenção do conhecimento científico, o que se fez foi adaptar o método baconiano para a realidade escolar:

Tal método, decomposto em suas várias etapas de i) observação cuidadosa e coleta sistemática de dados experimentais; ii) busca de regularidades; iii) elaboração de generalizações, e iv) comunicação de ‘verdades’ era usualmente apresentado nas primeiras páginas dos livros [...] (SCHNETZLER & ARAGÃO, 1995, p. 29).

Muitas críticas já foram feitas sobre o método da redescoberta, tratando desde sua ineficácia para a aprendizagem do conhecimento científico até sua coadunação com uma imagem popular de ciência (PINHO ALVES, 2000). Importa-nos, sobretudo, ressaltar a característica mais paradoxal desta proposta: visando superar o ensino tradicional, marcado pela passividade dos alunos mesmo quando executores de experimentos em um laboratório plenamente estruturado, os projetos curriculares que se popularizaram na década de 60 aprofundaram a orientação empirista-ingênuo das demonstrações e do laboratório tradicional, estabelecendo-a e consolidando-a com a noção de um método científico infalível. Mesmo (supostamente) empreendendo investigações e se comportando como um cientista, o aluno não deixava de ser visto como “tábula rasa”, já que “constrói conceitos e princípios científicos a partir da observação e coleta de dados experimentais, sendo que para tal construção o aluno parte ‘do zero’” (SCHNETZLER & ARAGÃO, 1995, p. 29). Em outras palavras, os dois pressupostos (i) e (ii), como dito por Arruda e Laburú (1998) e reproduzidos na página 63 desta dissertação, em vez de abandonados para a almejada ruptura com o ensino tradicional, acabaram reforçados pelo método da redescoberta.

Portanto, do ponto de vista dos domínios semânticos das palavras *experimentação*, *experiência* e *experimento*, as inovações pretendidas pelos projetos curriculares americanos e ingleses buscavam minimizar, no domínio prático, o componente da experiência do senso comum. O “mini cientista”, futuro cientista ou engenheiro, precisa analisar criticamente as informações fornecidas pelos sentidos, sabendo extrair delas as leis ou princípios universais e necessários que governam a natureza. O domínio prático, como no caso do laboratório tradicional, também está relacionado ao treinamento, ao adestramento das habilidades manuais, psicomotoras, exigidas para um adequado e eficiente comportamento frente a um experimento didático, pois o aluno não é mais um receptor passivo de conteúdos, mas portador de uma postura ativa em busca de uma redescoberta. Esta só será possível se o estudante guiar suas ações conforme as regras do método científico, que nada mais é que uma transposição para as situações didáticas do método de Bacon. Daí a forte presença do domínio filosófico na semântica da palavra *experimentação* quando colocada no contexto da era dos projetos curriculares. Finalmente, o domínio da atividade científica também aparece fortemente ativado e, como no caso do laboratório tradicional, sua visão de ciência é a mesma

visão ingênua veiculada pelos dicionários: a ciência trata da observação/verificação de fenômenos/leis, através de um método científico universalmente válido.

No Brasil, quem tomou frente do processo de inovação no ensino de ciências foi, em um primeiro momento, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura – IBEEC (Seção de São Paulo), constituído em 1954. Fracalanza (2006b) relata que, em sua fase inicial, o IBEEC era influenciado pela UNESCO, que, entre suas ações, buscava estimular a introdução do laboratório no ensino. Assim, o IBEEC dispunha das condições necessárias para canalizar em ações as propostas de transformação da educação brasileira, que então ainda provinham do *Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova* (1932), cujas “idéias eram analisadas para discussão do projeto de lei sobre ‘Diretrizes e Bases da Educação Nacional’. Uma das mudanças pretendidas era substituir os chamados métodos tradicionais por uma metodologia ativa” (KRASILCHIK, 1987, p. 6-7).

Ao trabalho do IBEEC vieram juntar-se, a partir de 1965, os Centros de Ciências (criados pelo Departamento de Ensino Secundário do Ministério de Educação e Cultura em seis capitais brasileiras) e, em 1966, a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências – FUNBEC, criada por iniciativa do IBEEC. Estas instituições permaneceriam, até o início dos anos 70, conjugando esforços para produzir novos projetos de ensino e materiais didáticos, traduzir e adaptar projetos estrangeiros, difundir as idéias de renovação do ensino de ciências e atualizar os professores (FRACALANZA, 2006b).

2.2.4 A influência da psicologia comportamental

Antes de continuarmos recontando a história da experimentação no ensino de ciências, vamos nos deter rapidamente em um aspecto de algumas das propostas muito difundidas nos anos 60 e 70, no seio dos projetos curriculares: a influência da psicologia comportamental.

O *comportamentalismo* (ou *behaviorismo*) se desenvolveu no início do século XX como um conjunto de estudos de psicologia que procuravam entender as relações entre estímulos fornecidos a um indivíduo e suas respostas diante destes, cujo conjunto constitui seu comportamento. Mais tarde, os resultados destes estudos levaram ao reconhecimento do potencial das chamadas *contingências de reforço* (conforme Mizukami (1986), as relações entre a ocasião em que uma resposta ocorreu, a própria resposta e as conseqüências reforçadoras desta resposta) para objetivos educacionais. A teoria mais conhecida, a este

respeito, é a de Skinner, que iniciou um movimento de pesquisa e criação de novas tecnologias de ensino, culminando na elaboração do princípio da instrução programada.

O ensino, para Skinner, corresponde ao arranjo ou à disposição de contingências para uma aprendizagem eficaz. Esse arranjo, por sua vez, depende de elementos observáveis na presença dos quais o comportamento ocorre: um evento antecedente, uma resposta, um evento conseqüente (reforço) e fatores contextuais (MIZUKAMI, 1986, p. 30).

Quanto à instrução programada, ou estudo programado,

Este é programado no sentido de incluir em si o programa dos passos de pensamento e dos processos de aprendizagem a serem desenvolvidos. Conseqüentemente, os processos de aprendizagem são “dirigidos”, à semelhança do que ocorre no computador através do programa introduzido para as operações lógicas e matemáticas a serem executadas. [...] O “estudo programado” constitui, portanto, uma forma de estudo independente, que é orientado detalhadamente por meio de “material didático programado” (AEBLI, 1982, p. 354-355).

Pinho Alves menciona um projeto para o ensino de ciências característico desta *abordagem comportamentalista do processo de ensino* – como diz Mizukami (1986). Trata-se do *Projeto Piloto para o Ensino de Física*, elaborado no IBECC entre 1963 e 1964.

O Projeto Piloto tinha como objetivo ser uma atividade piloto que permitisse iniciar um processo, um ponto de partida para a melhoria do ensino de Física, utilizando novas metodologias e com ênfase no aspecto experimental utilizando material de baixo custo. [...] Dentre as decisões tomadas, a introdução da Instrução Programada como determinante de todo o processo de ensino-aprendizagem, foi a mais inovadora e audaz. Inovadora porque nenhum trabalho educacional de ciências tinha, até então, se aventurado a adotá-la e, audaz, pela limitação do conhecimento e experiência sobre os novos métodos que seriam adotados. O processo estabelecia a auto instrução, o que implicava em produzir um material autosuficiente (PINHO ALVES, 2000, p. 37-38).

O motivo desta digressão pela análise da influência do comportamentalismo nas propostas de renovação do ensino de ciências é o seu caráter inovador, como o autor do fragmento acima ressalta. Era a primeira vez que as contribuições da pesquisa em Psicologia pareciam inspirar iniciativas realmente concretas em prol do ensino e da aprendizagem dos conteúdos científicos. Estas contribuições já haviam, inclusive, constituído uma disciplina própria, a Psicologia da Aprendizagem, que logo se tornaria um terreno de disputas e debates entre teorias e resultados diversos. Como veremos, o que marcará grande parte das diferenças entre as modalidades de atividades experimentais para o ensino de ciências, daqui por diante, será a orientação psicológica adotada como referencial.

Não podemos deixar de mencionar que a abordagem comportamental se ajusta quase perfeitamente aos pressupostos epistemológicos implícitos na concepção dos projetos curriculares americanos e ingleses. Particularmente, há uma nítida confluência de interesses entre a abordagem e os pressupostos quando se considera a ênfase empirista de ambos:

Esta abordagem se caracteriza pelo primado do objeto (*empirismo*). O conhecimento é uma “*descoberta*” e é nova para o indivíduo que a faz. [...] Considera-se o organismo sujeito às contingências do meio, sendo o conhecimento uma cópia de algo que simplesmente é dado no mundo externo. [...] Para os comportamentalistas, a ciência consiste numa tentativa de se *descobrir* a ordem na natureza e nos eventos (MIZUKAMI, 1986, p. 19, grifos nossos).

2.2.5 O movimento crítico e a virada cognitivista

Como visto, nos anos 60, as propostas e justificativas para a renovação do ensino de ciências se dão no embate científico-tecnológico entre superpotências, no âmbito internacional (PENA, 2000).

No Brasil, a necessidade de modernização da estrutura sócio-econômica, levando à industrialização e à urbanização, dirige uma reforma educacional com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 4.024/61 (KRASILCHIK, 2000). Com a flexibilização dos currículos, amplia-se consideravelmente a carga horária das disciplinas científicas, incentivando o florescimento de propostas de inovação, como as que emergiam do IBECC (KRASILCHIK, 2000; PENNA, 2000; FRACALANZA, 2006b).

Com o golpe militar de 1964, aprofunda-se o processo de internacionalização da economia brasileira (FRACALANZA, 2006b) e, dentro da política desenvolvimentista, os princípios da racionalidade técnica são incorporados à educação com uma nova LDB – Lei nº 5.692/71. Buscando atender à profissionalização do ensino médio, tornada obrigatória por esta lei, em 1972 “o Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN), órgão do Ministério da Educação e Cultura para a execução de parte dos acordos MEC-USAID, criou o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências”, financiando 12 novos projetos curriculares até 1978 (FRACALANZA, 2006b, p. 134).

Se no Brasil, durante os anos 70, o paradigma tecnicista vive seu auge, no âmbito internacional observam-se nítidos sinais de esgotamento. Toma forma um verdadeiro *movimento crítico*, levando a uma reorientação:

O percurso do pensamento crítico nunca foi linear nem convergente, tendo sido marcado por divergências de várias ordens, mas tendo a uni-lo a crítica básica à modernidade, ao iluminismo e à razão instrumental, ao mesmo tempo em que abandonava o paradigma do materialismo histórico, bem como se afastava do positivismo e do neopositivismo. Nesse percurso, a teoria crítica envolveu-se, além da Filosofia e da Epistemologia, em diversos campos do conhecimento, desde a Psicanálise até a Sociologia, mas, talvez, um dos seus desdobramentos mais marcantes tenha sido no campo político, com a influência que exerceu particularmente no *movimento da contracultura* e na revolta estudantil que eclodiram em vários países, nos anos 60 e 70 do século 20, e com a crítica ao capitalismo, à cultura de massas e, mais recentemente, ao processo de globalização. É possível identificar suas marcas também no *movimento ambientalista*, em expansão mundial nas últimas três décadas, na medida em que ele se apropria de diversos fundamentos do pensamento crítico no campo da política, da crítica à economia capitalista e da questão cultural (AMARAL, 2006, p. 111, grifos do autor).

A degradação ambiental, agravada pelo uso desenfreado dos recursos naturais com a industrialização e com o consumismo, leva à reflexão sobre a sustentabilidade das relações entre o homem e o ambiente, englobando assuntos relativos ao progresso da ciência e da tecnologia.

A própria noção de um progresso científico passa a ser questionada. Iniciam-se grandes debates sobre a natureza do empreendimento científico, sobre a necessidade de critérios de demarcação entre o conhecimento científico e o senso comum e sobre a neutralidade da ciência. A redescoberta de duas obras da década de 30 (*A lógica da descoberta científica*, de Karl Popper, e *A formação do espírito científico*, de Gaston Bachelard), mais as obras cruciais de Thomas Kuhn (*A estrutura das revoluções científicas*), Imre Lakatos (*O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica*) e Paul Feyerabend (*Contra o método*), entre outras, põem em cheque o pensamento dogmático de que a ciência é superior às outras formas de conhecimento, por ser um conhecimento verdadeiro e imutável, por operar sob a rigidez de um método e por não ser determinada por fatores históricos de ordem econômica, social, psicológica, ideológica, religiosa... A chamada *nova filosofia da ciência* já nasce desafiada a entender a atividade científica com toda a sua complexidade e seus dilemas.

Nas ciências humanas, incluindo o emergente campo da Educação em Ciências, o enfoque positivista começa a ser deixado de lado, em favor da perspectivas fenomenológicas e estruturalistas. As investigações passam a se valer cada vez mais de metodologias qualitativas, em detrimento dos métodos estatístico-quantitativos.

Estas pesquisas passam a levar em conta, também, as contribuições da psicologia *cognitivista* (SCHNETZLER & ARAGÃO, 1995), cujo processo de ascensão é atribuído por Krasilchik (1987, p. 13) a dois eventos:

O primeiro deles foi a publicação da obra de Bruner, *O processo da educação*, resultado de uma conferência realizada em 1959, da qual participaram trinta e cinco cientistas, acadêmicos e educadores. [...] um outro marco foram as conferências realizadas nas Universidades de Cornell e Califórnia, em 1964, denominadas *Piaget redescoberto*, que focalizavam estudos cognitivos e desenvolvimento de currículo, em que o próprio Jean Piaget foi o consultor. Embora as conferências tivessem sido concebidas originalmente para analisar as implicações, para o currículo de Ciências, das pesquisas recentes na época sobre o desenvolvimento cognitivo das crianças, cedo se verificou que essas implicações se estendiam para o currículo como um todo.

De acordo com a mesma autora, por algum tempo ainda ocorreria alguma convivência entre as propostas didáticas advindas do comportamentalismo e a chamada *abordagem cognitivista do ensino* – novamente conforme Mizukami (1986). Para esta última autora, de acordo com o que diz à página 59 da obra citada,

O termo “cognitivista” se refere a psicólogos que investigam os denominados “processos centrais” do indivíduo, dificilmente observáveis, tais como: organização do conhecimento, processamento de informações, estilos de pensamento ou estilos cognitivos, comportamentos relativos a tomada de decisões etc. [...] Consideram-se aqui formas pelas quais as pessoas lidam com os estímulos ambientais, organizam dados, sentem e resolvem problemas, adquirem conceitos e empregam símbolos verbais. Embora se note preocupações com relações sociais, a ênfase é dada na capacidade do aluno de integrar informações e processá-las.

Ao contrário das abordagens tradicional e comportamentalista, a abordagem cognitivista não centra suas atenções no objeto, no exterior, mas na interação entre este e o sujeito cognoscente – daí a referência a esta abordagem como *interacionista*.

O principal representante da psicologia cognitivista, num primeiro momento, é Jean Piaget, cuja teoria exploraremos com maior detalhe no próximo capítulo. No momento, basta enunciarmos alguns pontos mais peculiares da abordagem cognitivista.

Considera-se o indivíduo como um sistema aberto, cujas reestruturações sucessivas o levarão em direção a um estágio final que nunca é alcançado por completo. Este estágio se traduz em um grau máximo de operacionalidade, seja ela motora, verbal ou mental, só podendo ser alcançado através de um processo contínuo e laborioso, apesar de espontâneo. A aquisição do conhecimento é vista como resultado da ação do sujeito, levando a se considerar que o objetivo da educação “não consistirá na transmissão de verdades, informações, demonstrações, modelos etc., e sim em que o aluno aprenda [...] a conquistar essas verdades, mesmo que tenha de realizar todos os tateios pressupostos por qualquer atividade real” (MIZUKAMI, 1986, p. 71).

Esta concepção traz profundas repercussões para o uso de atividades experimentais no ensino de ciências. Ao mesmo tempo em que as mesmas deixam de ser concebidas como

centrais (já que qualquer atividade equivalente que possa instigar o estudante a *construir* seu conhecimento passa a ser desejável), cedendo lugar a estratégias diversas como jogos, projetos e discussões, as funções do laboratório didático passam a ser repensadas. Com a influência cognitivista se ampliando, com base nos estudos piagetianos, “passou-se a encarar o laboratório como elemento de aferição do estágio de desenvolvimento do aluno e de ativação do progresso ao longo desses estágios e do ciclo de aprendizado” (KRASILCHIK, 2000, p. 88). Para Mizukami (1986, p. 81), “As experiências não devem ser feitas na frente do aluno. Devem ser feitas pelo aluno.” Mas não se trata do tipo de atividade característica do laboratório tradicional ou da aprendizagem por descoberta, pois se dá uma importância crucial à autonomia intelectual do estudante: “Uma didática baseada em tal abordagem atribuirá papel primordial à pesquisa por parte do aluno, pois será durante este tipo de atividade intelectual que serão formadas as novas noções e operações” (MIZUKAMI, 1986, p. 80).

No início dos anos 80, a influência cognitivista já se vê estabelecida no campo da Educação em Ciências. O *construtivismo*, termo que logo passou a ser associado aos diversos autores de linha mais cognitivista, incluindo Piaget, se transforma em um ideal para o ensino, permeando o discurso dos educadores com *slogans* aceitos mais ou menos criticamente.

Neste ambiente, proliferam-se as pesquisas sobre os conhecimentos dos estudantes prévios ao ensino formal, constituindo o chamado *movimento das concepções alternativas*. A articulação destes novos resultados visando uma melhor aprendizagem das ciências se consubstancia com o modelo de *mudança conceitual*, em que são pensadas estratégias para que os alunos superem estes conhecimentos prévios e passem a dominar o conhecimento científico.

A partir dos anos 90, o Brasil já está a par destas discussões em âmbito internacional e passa a dar suas próprias contribuições para o debate sobre a perspectiva construtivista no ensino de ciências.

Quanto à importância da experimentação no ensino de ciências, a comunidade de especialistas se engaja em um movimento de avaliação e elaboração de propostas a serem implementadas nas salas de aula. Deteremos-nos a comentar algumas delas no próximo capítulo. Importa, agora e pela última vez, examinar tais propostas sob a óptica dos domínios semânticos das palavras *experimentação*, *experiência* e *experimento*. A virada cognitivista assinala a perda de ênfase no domínio prático, tanto sob o aspecto da experiência do senso comum (devendo ser superada pelo conhecimento científico), quanto do aspecto da manipulação, pois o treinamento das habilidades motoras é tomado como resultado secundário, se bem que não indesejável. O domínio filosófico, abrangendo a componente

empirista, passa a ser visto como algo a se superar: não é mais possível, dada a profunda reorientação epistemológica sofrida pelo campo das ciências, que se veja o conhecimento científico como emergente apenas de observações e experimentos. Não é senão à luz de teorias que as observações permitem a construção da ciência. Finalmente, sobre o domínio da atividade científica para a semântica das palavras em consideração, observa-se, pela primeira vez, a possibilidade de uma visão de ciência menos ingênua. A concepção de ciência subentendida por este domínio, agora, não é dogmática, nem neutra, nem a-histórica – ela se faz *na e pela* história. É uma visão que leva em conta as longas discussões da nova filosofia da ciência e, mais ainda, passa a reconhecer que há uma diferença entre a ciência dos cientistas e a ciência a ser ensinada. Arriscamo-nos a dizer que, no âmbito dos atuais debates entre os especialistas da Educação em Ciências, o domínio semântico da atividade científica, para palavras como *experimentação*, *experiência* e *experimento*, passa a comportar a necessidade de uma verdadeira *transposição didática*, transformando o *fazer ciência no laboratório* no *aprender ciências no/pelo laboratório*.

2.3 DEMARCANDO UMA POSIÇÃO

Ao longo da seção anterior, traçamos um pequeno histórico da experimentação como estratégia para o ensino dos conteúdos científicos nas escolas. De uma aceitação acrítica do pressuposto de que “se a ciência é realizada nos laboratórios, a ciência deve ser ensinada através dos laboratórios”, passou-se a admitir que o emprego de atividades experimentais não é a única alternativa para uma melhoria do ensino e da aprendizagem das ciências. O aporte das contribuições da psicologia cognitivista no campo da Educação em Ciências parece ter repercutido em uma maior “resolução” na visão dos pesquisadores, levando ao reconhecimento de que os alunos estruturam espontaneamente sua experiência cotidiana assimilando-a a esquemas conceituais prévios. Resultado destas assimilações são as concepções alternativas, que podem se constituir em facilitadores ou em obstáculos para o alcance do conhecimento sócio-culturalmente aceito. Visando lidar com a complexidade do funcionamento da mente do aprendiz, foram elaboradas diferentes estratégias para sua orientação ao caminho do “pensar lógica e criticamente” – o que passou a ser um ideal do ensino de ciências (KRASILCHIK, 1987). Muitos destes caminhos significaram um abandono do laboratório didático, que teve sua eficiência para a aprendizagem posta em questão pelas

avaliações dos projetos curriculares e por diversas pesquisas que evidenciaram seus limites, além de passar a ser visto como veículo potencial de visões distorcidas sobre o empreendimento científico – principalmente, indutivistas ingênuas. Por outro lado, muitos outros pesquisadores e professores, reunindo esforços, começaram a perseguir o objetivo de fazer do laboratório didático (ou mesmo da sala de aula, que também pode sediar, sem prejuízos, atividades experimentais) um local de aprendizado e envolvimento com o conhecimento científico, fundamentando estas propostas nos resultados do já consolidado campo disciplinar da Educação em Ciências e determinando o nascimento de novas modalidades para a experimentação. Como será visto no próximo capítulo, há alguma esperança de que a experimentação, finalmente, assegure um ensino de ciências de qualidade através de abordagens inovadoras.

Chamamos a atenção para o fato de que, embora possam ser dirigidas críticas legítimas às perspectivas mais tradicionais e aos enganos dos primeiros projetos curriculares, deve-se reconhecer que, em determinadas situações, o emprego das demonstrações, das verificações, das investigações por redescoberta e de outras perspectivas menos atuais que não comentamos podem se constituir em um recurso importante para o professor e para os alunos.

Por exemplo, longe de sair em defesa do ensino tradicional, Araújo e Abib (2003), estudando propostas de atividades experimentais de acordo com seus graus de direcionamento (as mais direcionadas permitindo uma participação menor dos estudantes), mencionam algumas das características positivas das demonstrações (demandam pouco tempo para sua realização, podem ilustrar aspectos dos fenômenos abordados propiciando representações concretas, podem tornar o aprendizado mais agradável e motivador e podem ser conduzidas de modo a incentivar o envolvimento dos alunos) e das verificações (podem auxiliar no desenvolvimento de importantes habilidades dos alunos, como a capacidade de reflexão, de efetuarem generalizações e de trabalharem em equipe, além de envolverem possibilidades de trabalho com a estatística e com o questionamento dos limites de validade da própria teoria em verificação).

A lição é que não se deve cair na armadilha da “crítica pela crítica”. Tratando-se de questões relacionadas ao ensino e à aprendizagem das ciências, qualquer posição extremada, baseada em uma aceitação passiva de bordões, denota mais ingenuidade do que conhecimento de vanguarda. O espaço da sala de aula (ou do laboratório didático) é complexo, pois nele se estabelecem múltiplas relações, estando cada processo dependente da configuração dos demais.

O que defendemos neste trabalho não é que as atividades experimentais no ensino de ciências sejam conduzidas somente de acordo com as propostas mais recentes ou mais pretensamente inovadoras, ainda que esta pretensão possa ser justificada. Reconhecendo o valor destas propostas, o que desejamos é que aos professores e, sobretudo aos alunos, sejam oferecidas opções para um trabalho produtivo nas salas e nos laboratórios escolares. Acreditamos que é possível, desejável e saudável que todos os sujeitos envolvidos no complexo processo da educação possam vivenciar as mais amplas experiências, tomando contato com a tradição e com a inovação de modo a compreenderem os potenciais e os limites de ambas.

Desejar que o ensino de ciências contemporâneo adote como modelo uma inovação unicamente por se constituir em uma promessa sedutora, em detrimento até mesmo da qualidade do “antiquado”, é como – para citar mais um bordão – apenas “mudar o chicote de mãos”. Como vimos, no incessante movimento da história, mesmo as grandes inovações podem revelar suas fraquezas e causar uma insatisfação motivadora de novas rupturas.

2.4 A TÍTULO DE SÍNTESE

Um artigo de Kosminsky e Giordan (2002) inicia trazendo a definição do dicionário *Aurélio* para as palavras *ciência* e *cientista*. Dizem os autores, à página 11, que “as definições contidas nesse dicionário não são coincidentes com aquelas contidas em outras referências” e que “Cada uma destas definições está comprometida com as práticas e valores de uma cultura representativa de sua respectiva área de conhecimento: Língua Portuguesa, Etimologia, Filosofia”. Tomamos estas considerações como conclusões do nosso próprio trabalho de pesquisa junto aos dicionários, mas para as palavras *experimental*, *experimentação*, *experiência* e *experimento*.

Por toda a história da experimentação no ensino de ciências, que buscamos reconstituir ao longo do capítulo, vimos como diferentes domínios semânticos destas palavras foram se revezando, em termos de maior ou menor valorização. Vimos também como, à luz das atuais discussões sobre a atividade e sobre a educação científica, as definições veiculadas nos dicionários não retratam fielmente as certezas e, principalmente, as incertezas que emanam deste debate.

Sintetizando as nossas idéias, expomos no quadro da Figura 2 como entendemos que se deu o processo de constituição da experimentação no ensino de ciências do modo como a comunidade de especialistas em Educação em Ciências a concebe atualmente, analisando os domínios semânticos explorados no início do capítulo.

Período e/ou modalidade	Palavras experimentar, experimentação, experiência e experimento		
	Domínio prático	Domínio filosófico	Domínio da atividade científica
“Pré-história”	A experiência do senso comum é desvalorizada, tida como insuficiente ou indesejável para a construção de uma episteme.	Bacon defende um método empírico, baseado na indução; Descartes e Galileu, racionalistas, defendem uma via matemático-dedutiva.	Surge este domínio. Defende-se a importância de uma diferenciação entre a experiência do senso comum e a experiência científica, vista como diálogo matemático com os fenômenos (Galileu) ou como imposição à natureza (Bacon).
Momentos iniciais: demonstrações	Os fenômenos observáveis, ou seja, “experimentáveis” do ponto de vista do senso comum, são importantes para legitimar o conhecimento.	O conhecimento é adquirido através de uma transmissão, do mundo externo para o homem, em uma concepção sensual-empirista.	A ciência é um conjunto de conhecimentos sistemáticos, porque provados por testes empíricos. É sua tarefa acumular descrições e explicações, que devem ser submetidas ao teste experimental.
Momentos iniciais: verificações	Idem ao anterior, acrescido da importância da <i>vivência</i> das situações correntes no laboratório.		
Era dos projetos: redescobertas	A experiência do senso comum não é desejável para a formação do indivíduo. Nas propostas mais comportamentalistas, busca-se uma vivência do conhecimento científico que leve ao <i>treino</i> , ao <i>adestramento</i> de habilidades.	Uma adaptação/simplificação do método científico de Bacon, que parte da observação dos fatos, se constitui em uma garantia para o avanço do conhecimento.	A ciência é rigorosa porque se realiza através de um método científico, rígido, linear, sequencial, do qual a etapa da experimentação é essencial, por ser capaz de provar se teorias são verdadeiras.
Virada cognitivista: modalidades iniciais	A experiência do senso comum deve ser superada para a construção do conhecimento. A vivência, a prática de habilidades e a busca pelo comportamento ideal numa situação de aprendizagem não são suas finalidades primordiais.	As visões empiristas devem ser superadas, pois toda observação e toda experiência só podem ser interpretadas à luz de formulações teóricas prévias.	Deve-se ter cautela quanto à associação imediata entre o empreendimento científico e a etapa da experimentação. Não existe um único método para as ciências.
Virada cognitivista: modalidades oriundas do modelo de mudança conceitual	Conhecimentos prévios, decorrentes da experiência do senso comum, podem se constituir em obstáculos para uma aproximação do conhecimento científico.		Idem ao anterior, acrescido pela possibilidade dos experimentos, em situações didáticas, serem capazes de “destruir” concepções alternativas.
Atualidade	A construção do conhecimento é um processo espontâneo e contínuo; a mente é complexa, pois abriga redes de conceitos e esquemas que se inter-relacionam.	É possível abordar o problema do conhecimento por diversas vias. Em cada uma delas, a relação entre teoria e experiência pode assumir formas e papéis diversos.	A experimentação é apenas uma etapa importante para a evolução da ciência. Também é considerada importante para a aprendizagem das ciências, embora haja o reconhecimento de que outras estratégias também possam servir a isto.

Figura 2: quadro sobre os períodos e/ou modalidades da experimentação no ensino de ciências e a importância dos domínios semânticos das palavras *experimentar*, *experimentação*, *experiência* e *experimento*.

CAPÍTULO 3

A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS, II: Propostas atuais brasileiras

Continuando a explorar aspectos da experimentação no ensino de ciências, estudaremos de modo mais aprofundado as características de propostas brasileiras atuais.

Estas propostas são encaminhadas por diversos autores, vinculados ou não a instituições de ensino e pesquisa, e materializadas em diferentes suportes, com maior ou menor facilidade em penetrar na realidade do ensino formal.

São artigos publicados nas seções sobre experimentação em periódicos nacionais da Educação em Ciências; idéias e relatos de experiência divulgados em reuniões científicas; projetos de ensino e demais iniciativas institucionais, principalmente de universidades públicas; livros escritos por pesquisadores, às vezes em conjunto com professores; e, finalmente, propostas dos livros didáticos.

Daremos uma atenção especial às propostas dos livros de pesquisadores e professores, por se tratarem de obras recentes que propõem atividades diversificadas e fundamentadas em teorias psicológicas de forte aceitação no meio educacional, aproveitando para comentar algo destas teorias.

Por outro lado, com a seção sobre os livros didáticos, esperamos superar ao final deste capítulo a aparente descontinuidade entre os assuntos do primeiro e do segundo capítulos, ocasionada pelo modo como optamos organizar este trabalho.

Esperamos também apresentar de modo claro as características que consideraremos desejáveis para que uma proposta de experimentação se ajuste às atuais expectativas de

pesquisadores, de professores e de alunos quanto a um melhor ensino de ciências. Atualmente, agentes da Educação em Ciências apostam em uma nova modalidade de atividades experimentais para o cumprimento destas expectativas: as *investigações* ou *atividades investigativas*, que caracterizaremos ao longo do capítulo.

3.1 PERIÓDICOS, REUNIÕES CIENTÍFICAS E PROJETOS INSTITUCIONAIS

Nesta seção falaremos sobre as propostas de experimentação divulgadas em periódicos do campo da Educação em Ciências, em algumas reuniões científicas da área e através de projetos institucionais de universidades. Temos tão pouco a comentar sobre cada um destes assuntos que julgamos conveniente agrupá-los em uma única seção.

Na verdade, ao considerar os tópicos desta seção e os das próximas duas como fontes de propostas para a experimentação no ensino de ciências, estamos subestimando a importância de diversos outros veículos. A rede mundial de computadores, por exemplo, oferece um acervo riquíssimo de informações sobre experimentos que podem ser feitos em casa ou na sala de aula, tanto através de espaços vinculados a universidades, pesquisadores ou professores (sítios de grupos de pesquisa, sítios pessoais de professores de ciências, sítios de escolas), quanto através da iniciativa de leigos, que podem usar recursos de *blogs* e *wikis*, disponibilizar vídeos de experiências, propagar discussões sobre a experimentação em comunidades virtuais, etc. Da mesma forma, canais de televisão podem apresentar programas sobre ciências ou sobre curiosidades que mostrem aos espectadores como realizar experimentos interessantes para a observação de certos fenômenos. Não podemos esquecer dos kits experimentais ainda comercializados em bancas de jornal e lojas de brinquedos, que podem ter um papel relevante para despertar o interesse das crianças pela ciência.

Enfim, deixaremos de comentar muitas outras fontes de propostas pois escapa aos nossos objetivos detectar e resenhar todos os possíveis focos de divulgação de experimentos para o ensino de ciências. Acreditamos que para caracterizar as propostas atuais, de um modo geral, não será necessário ir além dos comentários sobre os tópicos que escolhemos.

Uma última observação: nesta seção, iremos nos aproximar mais das questões relacionadas ao ensino de Química, já que o que estamos investigando são aspectos deste processo no âmbito da disciplina de Ciências para o ensino fundamental e já que nas próximas seções esta aproximação estará dificultada, dada a natureza dos materiais que serão

abordados. No entanto, não deixaremos de recorrer às proveitosas observações disponibilizadas nos estudos de estado da arte feitos por colegas da área de Ensino de Física.

3.1.1 Periódicos

Periódicos da área de Educação em Ciências vêm contribuindo há tempos com a divulgação de propostas de atividades experimentais na educação básica.

Atualmente, no Brasil, destacam-se as revistas *Caderno brasileiro de Ensino de Física*, *Revista brasileira de Ensino de Física* e, suplemento desta última, *Física na escola*, todas para o ensino de Física; e *Química Nova*, *Química Nova na escola* e, mais recentemente, *Revista brasileira de Ensino de Química*, para o ensino de Química.

Araújo e Abib (2003) analisam em seu trabalho 106 artigos, destes periódicos para o ensino de Física, que propuseram ou problematizaram atividades experimentais para o ensino médio, publicados entre 1992 e 2001¹⁸. Mostram que estas propostas abrangem todos os assuntos do currículo de Física, embora haja uma concentração em torno de tópicos de mecânica, óptica e eletricidade/magnetismo. Detectam o crescimento da produção de textos para subsidiar discussões sobre o laboratório didático, durante a formação de professores. Também verificam uma grande pluralidade em relação aos aspectos metodológicos: quanto ao número de artigos, há certo equilíbrio entre propostas de demonstrações, verificações e investigações; predominam atividades de caráter qualitativo sobre as de caráter quantitativo; há um número expressivo de publicações que buscam relacionar o experimento proposto com o cotidiano dos alunos, assim como propostas que empregam novas tecnologias e que propõem a construção de equipamentos para aulas práticas. Concluem afirmando que os resultados obtidos

reforçam que há uma ampla gama de possibilidades de uso das atividades experimentais no ensino médio [...] Entretanto, para que os professores possam lograr sucesso em sua prática pedagógica, acredita-se ser um imperativo que a metodologia experimental adotada seja selecionada tendo em vista quais são os principais objetivos a serem alcançados com a mesma, uma vez que as diferentes modalidades de experimentação tendem a priorizar e facilitar o alcance de diferentes objetivos educacionais [...] (p. 91).

¹⁸ O trabalho de Pinho Alves (2000) também analisa a produção veiculada nos periódicos *Revista brasileira de Ensino de Física* e *Caderno brasileiro de Ensino de Física*, merecendo ser consultado, para maiores detalhes.

No caso do ensino de Química, Schnetzler (2002), revendo os artigos da revista *Química Nova*, menciona que desde o número inicial até o final de 2001 foram publicados 173 artigos na seção *Educação*, dos quais 83% são dirigidos ao ensino superior.

Constata-se, ainda, um certo predomínio de propostas de atividades experimentais (52 trabalhos), nas quais a discussão de resultados limita-se aos dados experimentais da prática proposta, sem discutir outros relativos ao processo de ensino-aprendizagem de tais atividades. Quando referências a tal processo são feitas, usualmente restringem-se a conclusões genéricas sobre melhorias na aprendizagem dos alunos sem, no entanto, incluir e discutir dados que as suportem (p. 18).

Preenchendo esta lacuna (poucos trabalhos relacionados à educação básica/propostas para a experimentação que não discutem o processo de ensino-aprendizagem), a revista *Química Nova na escola*, dirigida principalmente a professores dos ensinos fundamental e médio em formação e em atividade, apresenta a seção *Experimentação no ensino de Química*, que atualmente busca a

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável (QUÍMICA NOVA NA ESCOLA, 2008, p. 74).

F. P. Gonçalves (2005) faz uma análise crítica de 38 artigos desta seção (números 1 a 18 da revista), em uma perspectiva pedagógica e epistemológica. O material avaliado permitiu discussões a respeito de diversos aspectos: presença de concepções empiristas-indutivistas ou de tentativas para superá-las; a função do elemento “motivação” nos discursos dos propositores das atividades; quais argumentos justificam a escolha de materiais alternativos; a valorização de uma visão da ciência como empreendimento social; a importância do processo de problematização para as atividades de caráter investigativo; entre outros.

Os resultados destas pesquisas, que avaliam criticamente as propostas de experimentos para o ensino de ciências em periódicos especializados, mostram que elas proporcionam aos seus leitores uma diversidade de discursos que sustentam diferentes visões sobre ciências e ensino de ciências. Esta diversidade possibilita múltiplas abordagens da experimentação nas salas de aula, que podem ser aplicadas em diversos contextos.

3.1.2 Reuniões científicas

Pinho Alves (2000), fazendo um resgate histórico da produção científica brasileira dedicada ao papel do laboratório didático, consulta as atas dos Simpósios Nacionais de Ensino de Física e dos Encontros de Pesquisadores de Ensino de Física. Percebe que os trabalhos apresentados podem ser classificados em cinco categorias (p. 95): *proposições* (“trabalhos relativos a pesquisa; relatórios de investigação que envolva o laboratório didático, propostas de abordagens.”), *prescrições experimentais* (“relativo ao uso de uma experiência ou experiências. Aspectos metodológicos prescritos para experimentos e aulas de laboratório.”), *técnicas de construção* (“relativo a proposta de construção de equipamentos, sejam alternativos ou não.”), *mídia* (“relativo ao uso de software e virtuais.”) e *outros* (“relativo a processos de avaliação do laboratório como um todo ou de experimentos.”).

Schnetzler (2002) e Francisco (2006) mostram que a quantidade de trabalhos sobre educação na Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ) vem crescendo. Deste total de trabalhos, o número dos que se dedicam à experimentação no ensino de Química, no período de 1999 a 2005, é considerável: 59% dos 202 trabalhos sobre recursos didáticos (quase 30% dos trabalhos sobre ensino) envolveram a “descrição de uma proposta de atividade experimental, restringindo-se à apresentação do material em si ou das etapas para a execução do experimento” (FRANCISCO, 2006, p. 72). Deve-se observar que a maioria destas propostas diz respeito ao ensino superior.

Principal congresso da área, o Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) também tem divulgado um grande número de propostas de experimentos e de relatos sobre suas aplicações em salas de aula. Conforme dados dos anais, no XIII ENEQ (2006), 86 trabalhos (19,1%) foram inscritos na área *Experimentação no ensino*; no XIV ENEQ (2008), foram 46 (12,5%) os inscritos na área *Ensino experimental*. No entanto, a experimentação costuma ser contemplada também por trabalhos inscritos em outras áreas clássicas do congresso, por exemplo, *Material didático* e *Ensino e aprendizagem*. Na edição de 2008, inclusive, foi realizada a I Mostra de Materiais Didáticos de Química, em que propostas de experimentos para o ensino de ciências foram exibidas junto com outros recursos, como jogos, livros e vídeos, totalizando 19 materiais. Ao contrário das RASBQs, as propostas apresentadas nos ENEQs costumam enfatizar a educação básica. A leitura dos resumos apresentados também indica que grande parte dos trabalhos se preocupa em propor experimentos com o emprego de materiais alternativos, acessíveis e baratos.

3.1.3 Projetos institucionais

Consideramos aqui tanto as publicações identificadas como projetos de ensino, constituindo materiais que se propõem a desenvolver currículos de disciplinas da educação básica, levando em conta as atualidades do ensino de ciências; como as iniciativas que buscam colocar professores e alunos em contato com atividades experimentais, disponibilizando espaços e/ou materiais para sua realização. O que qualifica estas propostas como institucionais é o fato de resultarem de ações empreendidas ou apoiadas por instituições de ensino e/ou pesquisa, no caso universidades públicas¹⁹.

Para o ensino de Química temos, por exemplo, as atividades desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ), do Instituto de Química da USP. Em seu sítio na *internet*, conforme consulta em 2009, consta que “O GEPEQ desenvolve projetos que visam à contextualização do Ensino de Química e sua relação com a experimentação, de modo a aproximar a ciência da realidade do aluno”. Os principais projetos são o *Projeto Laboratório Aberto* (“um espaço oferecido a professores e alunos do ensino fundamental e médio, para que tenham a oportunidade de realizar, elaborar e discutir experimentos que possam ser úteis no processo ensino-aprendizagem.”), *Uma contribuição para o ensino de Química – oficinas temáticas para alunos do ensino médio* (“As oficinas temáticas são constituídas por um conjunto de experimentos a cerca [sic] de um determinado tema, durante a qual os alunos discutem os experimentos relacionando-os com seu dia-a-dia.”) e um projeto de ensino propriamente dito, o *Interações e transformações – Química para o ensino médio* (“representa uma proposta alternativa de ensino destinada a professores e alunos interessados em um ensino em que os conteúdos estejam relacionados com o contexto social e que sejam significativamente aprendidos.”).

Pela proximidade tanto institucional quanto geográfica, não podemos deixar de comentar, e com algum detalhamento, os projetos do CDCC, sendo atualmente dois os mais envolvidos com a experimentação no ensino de ciências.

O *Projeto Experimentoteca*, de acordo com a apresentação de um de seus idealizadores, Dietrich Schiel, introduz

¹⁹ Atualmente, instituições privadas também vêm se engajando na produção deste tipo de materiais. No entanto, preferimos centrar nossas atenções nas propostas das instituições públicas, sobre as quais temos um conhecimento mais aprofundado.

um laboratório das Ciências da Natureza que pretende racionalizar o uso de material experimental, da mesma maneira que uma biblioteca pública facilita o acesso de um grande número de publicações a um público extenso. Nos locais onde a Experimentoteca entrou em uso, ela é sediada em centros de ciências, prefeituras municipais, delegacias de ensino, institutos universitários que mantêm convênio com autoridades educacionais, parques de tecnologia, clubes de Ciência e escolas. Um mesmo acervo pode atender simultaneamente de 20 a 30 escolas e, por ano, mais de 8.000 alunos podem usá-lo (TOMAZELLO & SCHIEL, 1998).

Tratam-se de kits experimentais, produzidos inicialmente entre 1984 e 1989, depois disseminados para mais de 30 centros de ciências brasileiros até 1995, que abrangem diversos tópicos dos currículos de ciências para o ensino fundamental, levados às salas de aulas por professores através de um sistema de empréstimo. Mais recentemente, foram produzidos kits também para o ensino médio.

Megid Neto (1998), *por intermédio* de dois trabalhos de 1992 levantados em sua pesquisa do tipo estado da arte, entende que a Experimentoteca “tem características bastante semelhantes aos projetos de ensino norte-americanos [...] que se difundiram pelo Brasil nos anos 60, ou aos projetos de ensino nacionais da década de 70 [...]” (p. 172), deixando o seguinte comentário (p. 174):

Propostas metodológicas como as contidas no *Projeto Experimentoteca* tentam reeditar as principais características destes projetos de ensino de trinta anos atrás, desconsiderando especialmente o avanço do pensamento educacional e das pesquisas na área, nos anos 80. Avanços que incorporam o movimento construtivista no ensino escolar, as abordagens histórico-críticas, o resgate aos conhecimentos e experiências prévias dos educandos, as relações entre ciência, tecnológica e sociedade, a busca pela formação de um cidadão crítico, participativo, potencial agente de transformação social. Avanços que não são assimilados no *Projeto Experimentoteca*.

De fato, há características de experimentos componentes do projeto que permitem intuir uma possível influência das propostas dos projetos norte-americanos. Entretanto, deve-se notar que sua própria concepção inicial já previa adaptações e atualizações, que foram ocorrendo ao longo dos anos, principalmente através do retorno dado pelos professores usuários dos kits. Já em 1998, o *Livro da Experimentoteca*, buscando apresentar aos professores da educação básica os referenciais da proposta e informações de pesquisas em Educação em Ciências sobre as atividades do projeto, deixava claro que seus propositores tinham ciência das deficiências dos projetos norte-americanos apontadas por Megid Neto:

Nos últimos anos, docentes e pesquisadores vêm chamando atenção para os limites da utilização dos métodos de descoberta/redescoberta, observando que o ensino apoiado nessas práticas parte da convicção de que os alunos aprendem qualquer conteúdo científico por conta própria, a partir da observação. Tais práticas fazem

com que os trabalhos experimentais, radicados no sensorial e no imediato, induzem à descoberta de fatos novos, levando a pressupor que as idéias constroem-se com base em acontecimentos, e não que exista no indivíduo um pré-sistema de significação (GURGEL, 1998, p. 16).

Além de expor seu alinhamento com a perspectiva de um ensino que discuta as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, considerando seriamente a dimensão ambiental, o *Livro da Experimentoteca* ressalta a importância de um ensino investigativo, movido por situações-problemas. Conforme outro fragmento do texto citado acima, tal ensino, sendo um processo, deve apresentar as seguintes fases fundamentais:

Fase preliminar: planejamento de uma situação-problema com enunciado aberto, para que os alunos resolvam em equipe. O professor os orienta a levantar material bibliográfico sobre o assunto e a registrar/documentar as leituras mais importantes. As fontes podem ser livros, revistas, jornais, etc.

Fase de enfoque: com um plano de ação, apresentado pelo professor, evidencia os objetivos da pesquisa e explicita as hipóteses ou questões norteadoras do trabalho. É necessário que os alunos coloquem suas idéias acerca das variáveis e da natureza das influências sobre o processo.

Fase de aplicação e análise: os alunos já devem estar preparados para buscar soluções ao problema proposto. O professor estimula os grupos, apresentando diferentes questões problematizadoras para reflexão e debate, levantando novas hipóteses, estabelecendo inter-relações e comparando-as com outras situações. O confronto ou a criação de conflitos cognitivos entre as hipóteses levantadas e os resultados obtidos pelos alunos exigem do professor análise teórica e revisão crítica do trabalho. Caso os resultados não se mostrem satisfatórios, serão retomados passo a passo, para que o processo não se perca em tratamentos puramente operativos e difíceis de analisar.

Assim, fica evidente a preocupação dos propositores em evitar a adesão às modalidades tradicionais de atividades experimentais. O uso do projeto nestas perspectivas, no entanto, não é de modo algum restrito: está a critério do professor, conforme sua realidade pedagógica, levar à sua escola um kit experimental para realizar demonstrações ou aproveitar todo o material disponível para que vários grupos de alunos trabalhem²⁰.

Mais recentemente, o CDCC passou a participar do projeto *ABC na Educação Científica: Mão na Massa*.

Historicamente, o desenvolvimento desse projeto foi iniciado com o pesquisador Leon Lederman – prêmio Nobel de Física – em Chicago, na década de 90, chamado *Hands-on*. Foi ampliado a outros países, como o que ocorreu na França em 1995 com a colaboração de George Charpak – também laureado com ao [sic] Prêmio Nobel de Física – e com o apoio da Academia Francesa de Ciências. Os módulos *Insights* do programa norte americano foram traduzidos para o francês com adaptação de infra-estrutura de materiais e formação de professores. Na França, com o nome *La Main à la Pâte*, o programa governamental envolve crianças de 5 a 12

²⁰ Cada kit disponibiliza material para o trabalho de 10 equipes de alunos.

anos de idade. No Brasil, denominado ABC na Educação Científica – Mão na Massa, o projeto foi iniciado em maio de 2001, a partir de um acordo entre as academias de ciências da França e do Brasil envolvendo escolas municipais e estaduais do Rio de Janeiro e do estado de São Paulo (a grande São Paulo e São Carlos, interior). As adesões dos professores foram espontâneas e voluntárias (ZANON & FREITAS, 2007).

Apesar de eventualmente envolver o desenvolvimento de kits experimentais, à moda do *Projeto Experimentoteca*, o *Mão na Massa* centra suas atenções no trabalho com alunos dos anos iniciais da escolaridade (educação infantil e séries iniciais do ensino fundamental) e dá atenção diferenciada à linguagem, pela expressão oral e escrita, como elemento fundamental para os processos de argumentação e explicitação das idéias, desenvolvidos pelos alunos nas atividades. Zanon e Freitas (2007), estudando uma situação de ensino em que o projeto esteve envolvido, apresentam um esquema (p. 102) que visa a facilitar o processo de análise das interações e da produção de significados desenvolvido em atividades investigativas como as do *Mão na Massa*, que adaptamos para apresentar uma possível caracterização da estrutura destas atividades (Figura 3).

Figura 3: possível representação esquemática da estrutura de atividades investigativas para o ensino de ciências. As setas exprimem interações entre as etapas não-lineares das atividades: problematização, elaboração de hipóteses, experimentação e conclusão.

Essas atividades [...] têm como objetivo ir além da observação direta das evidências e da manipulação dos materiais de laboratórios: devem oferecer condições para que os alunos possam levantar e testar suas idéias e/ou suposições sobre os fenômenos científicos a que serão expostos.

Nessa direção, a atuação do professor como orientador, mediador e assessor das atividades inclui: lançar ou fazer emergir do grupo uma questão-problema; motivar e observar continuamente as reações dos alunos, dando orientações quando necessário; salientar aspectos que não tenham sido observados pelo grupo e que sejam importantes para o encaminhamento do problema; produzir, juntamente com os alunos, um texto coletivo que seja fruto de negociação da comunidade de sala de aula sobre os conceitos estudados (ZANON & FREITAS, 2007, p. 94).²¹

3.2 LIVROS ESPECÍFICOS

Nos últimos anos, vêm sendo publicados no Brasil alguns livros interessantes, tratando especificamente de atividades para o ensino de ciências²². Estas obras partem da articulação entre a experiência e os conhecimentos do campo da Educação em Ciências de professores e de pesquisadores ligados a universidades, dirigindo-se aos mestres da educação básica com sugestões criativas de atividades para a sala de aula e conhecimentos teóricos sobre o papel dos experimentos e de demais atividades práticas no ensino.

Esta seção está dividida em três subseções: a primeira e a segunda tratarão de duas obras brasileiras que propõem atividades para o ensino do conhecimento físico; na última, comentaremos rapidamente um conjunto de outras obras. Todas as obras comentadas são dirigidas ao trabalho no ensino fundamental.

3.2.1 A proposta “piagetiana” de Carvalho e colaboradores

Em 1998, Anna Maria Pessoa de Carvalho, da Faculdade de Educação da USP, juntamente com colaboradores (especialistas em Educação em Ciências e professores da

²¹ Para mais informações sobre o Mão na Massa, ver ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **Ensinar as ciências na escola**: da educação infantil à quarta-série. São Carlos: CDCC/USP, 2005.

²² Alguns destes livros poderiam ser considerados projetos institucionais – projetos de ensino – e, portanto, ter sido comentados na seção anterior. Não os consideramos como tal porque nem sempre se propõem a desenvolver o currículo integral de uma disciplina e porque, ao que parece, não se esforçam para explicitar suas relações com instituições de onde podem ter se originado, por exemplo a USP ou a Universidade Estadual Paulista. Outra justificativa seria que, tratando as obras como livros em vez de projetos, nossa exposição deve ficar mais clara, ou mais “didática”.

educação básica), publicou a obra *Ciências no ensino fundamental – o conhecimento físico* (CARVALHO *et al.*, 1998). Trata-se de uma proposta para a disciplina de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental, com 15 atividades sobre os temas *ar, água, luz e sombras, equilíbrio, movimento e conservação da energia*.

Acreditando que o primeiro contato dos educandos com os conhecimentos científicos deve ser agradável e significativo, em vez de memorístico e descontextualizado, a proposta tem como pressuposto informações sistematizadas da pesquisa em Educação em Ciências, enfatizando:

- A existência de concepções espontâneas na mente do aprendiz, geralmente prévias ao ensino formal, resultado de tentativas de elaboração de modelos explicativos para os fenômenos do dia-a-dia. São conhecimentos prévios através dos quais as crianças passam a interpretar o mundo;
- O papel das questões na construção do conhecimento, o que é traduzido no pressuposto epistemológico bachelardiano de que “todo conhecimento é a resposta a uma questão”; e
- O caráter social da construção do conhecimento científico, pois tal empreendimento não é capaz de se desenvolver sem trocas de idéias e sem confrontos entre interpretações. A idéia é criar um ambiente intelectualmente ativo que envolva o intercâmbio entre grupos cooperativos.

Transcrevemos um fragmento do texto que exemplifica o tipo de proposta para a experimentação no ensino de ciências dos autores:

O fenômeno que escolhemos [...] é o fenômeno do ar ocupando lugar no espaço. No ensino tradicional, o fenômeno é apresentado ao estudante pelo tema ou objetivo da aula: vamos provar que o ar ocupa lugar no espaço. O fenômeno é então demonstrado por meio de uma experiência. Um copo com um pedaço de papel dentro é emborcado em uma bacia de água. A água não molha o papel, o que prova que entre a água e o papel há ar. O que estamos propondo é transformar esse conhecimento a ser adquirido pelos alunos – o ar ocupa lugar no espaço – em um problema que eles possam resolver: Como colocar um papel dentro de um copo, o copo inteirinho dentro da bacia com água e não molhar o papel? (p. 17).

Apesar da influência de outros autores como Kuhn e Vigotski (comentado na próxima seção), esta proposta parece se apoiar mais intensamente no pensamento desenvolvido pelo biólogo e psicólogo suíço Jean Piaget (1896-1980). Vale a pena rever rapidamente no que consistem seus trabalhos e conclusões.

Após se doutorar em ciências em 1918, Piaget começou a se dedicar cada vez mais ao estudo da gênese do conhecimento. As perguntas que o motivaram poderiam ser:

- Como o conhecimento é elaborado e interiorizado pela mente humana?
- Como o ser humano, ao longo de seu desenvolvimento, vai se tornando cada vez mais capaz do ato de conhecer?

Desejando respondê-las, Piaget elaborou um método “idiossincrático”, fortemente baseado em observações e entrevistas com crianças e jovens. Com o acréscimo de conhecimentos de disciplinas como a lógica, sua *epistemologia genética* logo constituiria um corpo amplo e profundo de informações sobre o nascimento do comportamento inteligente. Ao mesmo tempo, tal elaboração viabilizou uma verdadeira psicologia do desenvolvimento, concentrando seus esforços na compreensão da inteligência (FLAVELL, 2001).

Piaget, em toda sua vasta obra, desenvolve com seus colaboradores a idéia de que o conhecimento é uma construção do sujeito, se processando através de sua interação com objetos e com outros sujeitos. Esta interação seria mediada pelos *esquemas de ação*, unidade básica da teoria piagetiana que corresponde “ao aspecto organizativo de uma ação, a estrutura que permite que essa ação possa repetir-se e ser repetida e aplicada com ligeiras modificações em situações distintas para conseguir objetivos similares [...]” (SALVADOR *et al.*, 2000).

A mediação dos esquemas ocorre graças às chamadas *invariantes funcionais*, a *adaptação*, dividida entre *assimilação* e *acomodação*, e a *organização*. Existe um jogo ativo entre a assimilação, que é a incorporação da realidade aos esquemas existentes, e a acomodação, um ajuste ou uma modificação dos esquemas às propriedades do que é assimilado. A organização, por sua vez, denota que a inteligência forma totalidades marcadas pelas relações entre seus elementos constituintes (FLAVELL, 2001).

De modo simplificado, a assimilação e a adaptação são processos complementares que permanecem em uma situação de *equilíbrio*, um processo dinâmico que garante que nem a assimilação, nem a acomodação predominem. Por outro lado, os desequilíbrios se constituem em um importante elemento estimulador do desenvolvimento cognitivo:

a aquisição de novos conhecimentos – como uma aquisição espontânea ligada ao desenvolvimento, ou diretamente ligada a uma situação específica do ensino – implica, para Piaget, uma sucessão de desequilíbrios – ajustes – novos equilíbrios – desequilíbrios, etc (SALVADOR *et al.*, 2000, p. 255).

A teoria de Piaget se caracteriza por subordinar a aprendizagem ao desenvolvimento. Certos tipos de aprendizagem só seriam possíveis após a aquisição do instrumental cognitivo

adequado, uma conquista gradual e lenta, apesar de constante. Aparece neste ponto o conceito de *períodos* do desenvolvimento. Os períodos são caracterizados por potencialidades e limitações inerentes às faixas etárias e constatados como universais na espécie humana. Sua seqüência também é única, conduzindo o indivíduo sempre em direção a um refinamento de sua relação com o ambiente. Distinguem-se quatro momentos importantes (as idades são aproximações e médias):

- Até os dois anos – período *sensório motor*: caracterizado pela indiferenciação entre a assimilação e a acomodação, repercutindo na indiferenciação entre a individualidade e o ambiente (o sujeito não tem consciência de si como objeto do mundo). O progresso pelo período leva finalmente ao nascimento da inteligência representativa e à passagem para o período de *preparação e formação das estruturas operacionais*, subdividido nos três subperíodos abaixo;
- Dos dois aos sete anos – subperíodo *pré-operacional*: o domínio da função simbólica leva à possibilidade da internalização das ações, assim como à linguagem. Há os recursos do jogo e da imitação como estruturadores da interação indivíduo/ambiente. A manipulação mental da realidade, no entanto, ainda não está assentada em uma base lógica rigorosa. Do mesmo modo, a compreensão do mundo ainda é realizada de um ponto de vista egocêntrico;
- Dos sete aos 12 anos – subperíodo das *operações concretas*: a estrutura mental da criança já pode ser modelada por um conjunto de relações lógico-matemáticas, daí a possibilidade do surgimento das chamadas conservações, como as de volume e área. O pensamento passa a ser reversível, podendo operar representações da realidade para a solução de problemas. No entanto, esta habilidade ainda permanece dependente do que se apresenta imediato, no mesmo tempo e espaço do indivíduo: o concreto;
- Dos 12 anos em diante – subperíodo das *operações formais*: a partir deste momento, o jovem já dispõe de todas as habilidades para se relacionar com o mundo como um adulto, dominando o pensamento formal (abstrato). “Durante este estágio, a criança torna-se capaz de introspecção e está apta a pensar sobre seus próprios pensamentos e sentimentos como se eles fossem objetos” (WADSWORTH, 1993, p. 126). Na prática poucos jovens e nem todos os adultos demonstram todas as capacidades características deste subperíodo, o

que faz de seu pleno domínio uma aspiração e uma potencialidade de todos que já desenvolveram o pensamento operacional concreto.

Finalmente, cabem algumas considerações sobre os processos de aprendizagem. Segundo Salvador e colaboradores (2000), esta questão é abordada de forma explícita pela teoria piagetiana, apesar de suas reticências sobre a intervenção externa:

Naturalmente, sua preocupação não recai tanto na aquisição e na incorporação de informações específicas – o que denomina *aprendizagem no sentido restrito* – [mas] nas mudanças qualitativas que comportam uma nova maneira de organizar os esquemas, uma nova forma de estruturar a realidade – o que chama de *aprendizagem no sentido amplo* (p. 254).

De acordo com os mesmos autores, na mesma página do fragmento acima, a estes dois tipos de aprendizagem corresponderiam dois processos distintos:

- Aprendizagem no sentido restrito: possível graças à *abstração empírica*, em que “o sujeito identifica e extrai as propriedades dos objetos pertinentes para o seu propósito [...]”;
- Aprendizagem no sentido amplo: demanda a *abstração reflexiva* ou *refletidora* – “graças a ela, o sujeito pode extrair as propriedades não dos objetos, mas das suas próprias ações – organizadas em esquemas e ações [...] Nesse caso, porém, obtém conhecimentos de natureza lógica e matemática, e não conhecimentos de natureza física”.

Voltando a tratar da proposta de Carvalho e seus colaboradores para o ensino do conhecimento físico nas séries iniciais, veremos como a teoria de Piaget fornece alguns pressupostos para a elaboração destas atividades.

Para eles, “Uma atividade de Ciências fundamenta-se na ação dos alunos. Essa ação [...] não deve se limitar à simples manipulação ou observação. [...] deve envolver também reflexão, relatos, discussões, ponderações e explicações” (p. 21), que seriam características de uma investigação científica. Assim, as 15 atividades propostas no livro seguem a estrutura (p. 40):

- o professor propõe o problema;
- agindo sobre os objetos para ver como eles reagem;
- agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado;
- tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado;
- dar a explicação das causas;
- escrevendo e desenhando;
- relacionando atividade e cotidiano.

Algumas das etapas parecem emergir diretamente do referencial piagetiano. Por exemplo, os processos de abstração empírica e abstração refletidora são provocados na segunda e na terceira etapas, respectivamente. A importância da quarta etapa é explorada em outro texto de Carvalho (2005, p. 56):

ao se dar um problema de conhecimento físico para os alunos resolverem em grupo e, a partir dessa resolução, estabelecer uma interação construtiva professor/classe, eles começam a tomar consciência das coordenações dos eventos. A tomada de consciência está, pois, longe de constituir apenas uma simples leitura: ela é uma reconstrução feita pelo aluno de suas ações e do que ele conseguiu observar durante a experiência.

Próximo a este fragmento, há uma transcrição de um texto de 1978 do próprio Piaget:

“A tomada de consciência de um esquema de ação transforma este esquema num conceito, consistindo, portanto, essencialmente, numa conceituação – e mais, a tomada de consciência, parte da periferia (objetivos e resultados), orienta-se para as regiões centrais da ação quando procura alcançar o mecanismo interno desta: reconhecimento dos meios empregados, motivos de sua escolha ou de sua modificação durante a experiência, etc.”

Os autores se preocupam também em expor os critérios que o professor deve considerar ao selecionar/elaborar atividades como as propostas (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 194): “1. O aluno, ao resolver o problema, deve ser capaz de produzir o fenômeno pela sua própria ação.”; “2. O aluno deve ser capaz de variar sua ação.”; “3. A reação do objeto deve ser visível.”; “4. A reação do objeto deve ser imediata.”; e “5. Segurança e higiene nas experiências.”. Os critérios 1 a 4 também são justificados pelo referencial de Piaget:

nesses fenômenos [físicos para o desenvolvimento do pensamento das crianças], o intervalo de tempo entre a ação da criança e a reação do objeto é bastante pequeno [...]. Com o pequeno intervalo de tempo [...], a criança pode variar a sua ação e observar imediatamente as diferentes reações do objeto, conseguindo mais facilmente levantar hipóteses sobre o fenômeno, testá-las e tentar explicar o porquê do acontecimento (CARVALHO, 2005, p. 52).

3.2.2 A proposta “vigotskiana” de Gaspar

Data de 2003 a primeira edição de *Experiências de ciências para o ensino fundamental*, de Alberto Gaspar, da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, unidade da

Universidade Estadual Paulista. Atualmente, a obra (GASPAR, 2005) está em sua quinta reimpressão.

Este livro difere daquele do grupo liderado por Carvalho em vários aspectos: apesar de não apresentar os pequenos relatos e impressões de aplicações realizadas em sala de aula das atividades, característica daquela obra, o livro de Gaspar propõe 80 experiências, sobre os temas *o ar, a água, os sólidos e a energia e suas transformações (som e luz e energia mecânica e eletromagnética)*. Além disso, em um capítulo inicial, apresenta um panorama atual da experimentação no ensino de ciências, após uma retrospectiva histórica, e o referencial teórico adotado, a teoria sociocultural de Lev Semyonovich Vigotski²³. Um capítulo final traz ainda importantes dicas aos professores quanto à escolha, adaptação e improvisação de materiais para as atividades experimentais.

Como fizemos com a epistemologia genética de Piaget, comentaremos brevemente as idéias de Vigotski.

Bielo-russo nascido em 1896, Vigotski, formado inicialmente em direito, transitou por diversos domínios ao longo de sua curta vida: literatura, filosofia, arte e, principalmente, psicologia (GASPAR, 2005). Neste campo é que suas contribuições o tornariam mundialmente reconhecido, embora este reconhecimento tenha sido póstumo.

Buscando uma teoria da psicologia articulada com o materialismo dialético de Marx, Vigotski cria uma abordagem que integra, numa mesma perspectiva, “o homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e ser social, enquanto membro da espécie humana e participante de um processo histórico” (OLIVEIRA, 1993, p. 23). Esta ênfase nos aspectos social e cultural da espécie humana é o que caracteriza sua teoria como sociocultural.

Por outro lado, a teoria de Vigotski também é conhecida como uma teoria de *mediação*: para ele, a relação do homem com o mundo é sempre uma relação mediada. Segundo Oliveira (1993, p. 29), são dois os tipos de mediadores: o *instrumento* – “um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, ampliando as possibilidades de transformação da natureza.”; e o *signo*, ao contrário do instrumento, orientado para o próprio sujeito, sendo uma ferramenta para o controle mental.

O desenvolvimento psicológico é visto como um processo não linear, realizado por saltos, representando a aquisição do domínio de diferentes instrumentos. Qualitativamente, um salto maior se dá a partir do momento em que o sujeito passa a dominar o principal sistema de signos de sua vida: a linguagem. Esta aquisição possibilita toda uma reorganização

²³ Também reconhecemos as grafias “Vygotsky”, “Vygotski”, “Vigotsky” e “Vigotskii”.

mental. Sendo um sistema de representação da realidade, a linguagem é formada por um todo ordenado de signos socialmente construídos e compartilhados, o que faz dela um artefato cultural. A mediação pela linguagem permite que o sujeito se relacione mais intensamente com o mundo e com seus pares, se apropriando da cultura.

[Os membros de uma cultura] estão num constante movimento de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados. A vida social é um processo dinâmico, onde cada sujeito é ativo e onde acontece a interação entre o mundo cultural e o mundo subjetivo de cada um. [...] Vygotsky postula a interação entre vários planos históricos: a história da espécie (filogênese), a história do grupo cultural [sociogênese], a história do organismo individual da espécie (ontogênese) e a sequência singular de processos e experiências vividas por cada indivíduo [microgênese] (OLIVEIRA, 1993, p. 38).

Assim, o processo pelo qual o indivíduo *internaliza* a cultura não é passivo: é uma síntese, uma negociação entre a matéria-prima que lhe é fornecida e a estrutura psicológica – entendida como sendo determinada por razões biológicas e sócio-culturais – de que dispõe. A possibilidade de internalizar as ações através de sistemas simbólicos, substituindo o real e, portanto, dispensando a necessidade de marcas externas, é o que diferencia o homem dos demais animais, que não apresentam estas funções psicológicas superiores.

Sobre a aprendizagem, Vigotski, cuja vida foi marcada por uma intensa atuação no magistério, também tem muito a dizer. Para ele, aprendizagem e desenvolvimento são dois processos que se auxiliam mutuamente, não havendo o condicionamento de um pelo outro. Buscando explicar como isto ocorre, é introduzido o conceito de *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP):

Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VIGOTSKI, 1998, p. 112).

Para Vigotski, todas as teorias que não dão atenção ao nível de desenvolvimento potencial dos aprendizes, mas somente ao desenvolvimento real, são limitadas. Através do auxílio de um parceiro mais capaz – um professor, outro adulto, um colega –, o pupilo pode aprender algo novo, levando a uma nova configuração de sua ZDP: na mesma obra citada acima, diz Vigotski que “aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (p. 113). Portanto, o aprendizado pode levar a

novos desenvolvimentos, que por sua vez possibilitarão novos aprendizados – sempre, claro, que houver *interações sociais*.

Antes de apresentar suas propostas de experimentos para o ensino fundamental, Gaspar faz questão de comentar, em seu livro, que nem toda interação social é capaz de dar início a uma seqüência de aprendizagens/desenvolvimentos: a interação deve ser assimétrica (havendo pelo menos um parceiro mais capaz); a questão que desencadeia a interação deve ser bem definida e conhecida pelos participantes, assim como a abordagem adotada; e a linguagem utilizada deve estar ao alcance de todos. Estas três condições, com o acréscimo de que a interação social se desenvolva na zona de desenvolvimento proximal do aluno, acabam sendo os “critérios orientadores de uma pedagogia para atividades experimentais inspirada na teoria de Vigotski” (p. 26).

Quanto aos objetivos da atividade experimental na visão de Gaspar, vale a reprodução de um fragmento (p. 24):

Numa pedagogia de inspiração vigotskiana, sociocultural, não há, a rigor, diferença cognitiva entre uma atividade teórica, como um problema a ser resolvido por escrito, e uma atividade experimental. A menos que o objetivo específico do ensino seja exclusivamente aprender a resolver problemas ou realizar experiências, ambas as atividades podem contribuir para a construção das estruturas de pensamento que o conteúdo tratado exige.

Nesse sentido a pedagogia vigotskiana está mais próxima da tradicional do que das pedagogias recentes, cujo objetivo é a redescoberta ou mudança conceitual. Contudo ela apresenta um novo enfoque, não levado em consideração por nenhuma linha pedagógica até então.

Como a aprendizagem não resulta da atividade em si, mas das interações sociais que é capaz de desencadear, o objetivo fundamental da atividade teórica ou experimental é promover interações sociais que permitam o ensino de determinado conteúdo. Portanto, a opção pela atividade experimental deve ter como objetivo as interações sociais que ela pode promover em relação ao conteúdo apresentado.

Assim, ao contrário da proposta do grupo de Carvalho, o livro de Gaspar não enfatiza o binômio atividade motora/atividade cognitiva. O autor está preocupado, quase que exclusivamente, em propor atividades que enriqueçam as interações sociais no ambiente de aprendizado. A escolha por atividades experimentais se deve somente a três vantagens que estas apresentariam sobre as teóricas: durante o experimento, há quase certeza de que todos os envolvidos discutirão as mesmas idéias e tentarão responder às mesmas questões; os experimentos, por serem dependentes de fatores ambientais e de seu próprio processo de montagem (envolvendo ajustes, adaptações e imprevistos), restringem a possibilidade de respostas convergentes, o que pode gerar mais questionamentos e assim tornar as interações sociais mais ricas; e finalmente, em atividades experimentais o envolvimento do aluno é

maior, pela possibilidade de observação direta e imediata das respostas e pela não interferência de argumentos de autoridade, já que as respostas surgem “isentas” da natureza.

Há, porém, algumas aproximações entre as propostas de Gaspar e do grupo de Carvalho, já que ambas: reconhecem que os alunos já adentram as salas de aula portando uma visão de mundo, esquemas prévios que afetarão – positiva ou negativamente – a formação de novos conceitos; entendem a atividade experimental como facilitadora da apropriação dos conteúdos e da construção de estruturas de pensamento, ainda que por razões distintas; valorizam a imprevisibilidade e o erro, vistos não como obstáculos, mas como agentes em potencial para gerar desequilíbrios ou enriquecer interações sociais; enfatizam a importância da linguagem, reconhecendo seu papel na organização do pensamento logicamente orientado e socialmente compartilhável; e sustentam uma visão dinâmica, histórica e dialogada do empreendimento científico.

3.2.3 Outras propostas

Seria injusto não reconhecermos o papel desempenhado por diversas tantas obras que, compartilhando ou não dos preceitos construtivistas para o ensino (que estariam em grande medida representados pelas concepções condensadas no parágrafo acima), propõem atividades criativas para o ensino de diversos conteúdos na educação básica.

Por exemplo, as obras *Brincando com a ciência* (ALMEIDA & FALCÃO, 1996) e *Física mais que divertida* (VALADARES, 2002) apresentam montagens criativas e baratas, envolvendo materiais do cotidiano (e mesmo sucatas) para ilustrar conceitos científicos ao público jovem. Ao contrário dos livros discutidos nas subseções anteriores, não chegam a discutir profundamente os referenciais que as embasam, mas destacam-se pela engenhosidade das montagens e pelo tom didático que empregam ao apresentá-las, visando eliminar quaisquer empecilhos à realização dos experimentos.

Há também os livros *O ensino de Ciências nas séries iniciais* (FRIZZO & MARIN, 1996) e *Educação em ciências nas séries iniciais* (BORGES & MORAES, 1998), concebidos para auxiliar os professores com propostas de atividades práticas e experimentos simples. Ambas as obras se esforçam em explicitar sua filiação às idéias construtivistas, sendo possível identificar entre os referenciais a que recorrem nomes da Psicologia do Desenvolvimento e da Aprendizagem, como Piaget, Vigotski e Ausubel, além de contribuições do campo da

Educação em Ciências sobre concepções alternativas e mudança conceitual. Enfatizam também a característica indissociabilidade entre os aspectos cognitivos e afetivos das faixas etárias a que se destinam e consideram desejável que o ambiente de aprendizagem também seja lúdico e agradável.

Como vimos, estão à disposição dos educadores diversas possibilidades para o estudo e para a realização de atividades experimentais nas escolas, representando algumas das correntes pedagógicas mais difundidas e aceitas na atualidade. Ao que tudo indica, os livros que compendiam e discutem conceitos sobre a experimentação, servindo também como pequenos catálogos de atividades para diversos tópicos do currículo, tendem a continuar sendo produzidos, acrescentando novas perspectivas para a prática educativa e para o debate sobre o ensino de ciências.

3.3 LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS

Após termos conhecido alguns livros *não* escolares, concebidos principalmente para auxiliar os professores a montarem e conduzirem experiências para o ensino de ciências, retornemos ao assunto principal que iniciou nossa apresentação: os livros escolares.

Dissemos que estes livros possuem uma função instrumental: sugerem ou propõem métodos e técnicas específicos para a abordagem dos conteúdos veiculados. No caso dos livros de ciências, a exigência de que proponham atividades experimentais parece tão naturalizada que dificilmente se encontrará no mercado algum manual que negligencie totalmente a experimentação. Frequentemente, ocorre o contrário: os autores fazem questão de tornar explícito, nas capas ou nos títulos dos livros, que consideram os experimentos fundamentais para o ensino. Para o PNLD, trata-se de um critério de qualificação: os livros devem “propiciar situações, tanto coletivas quanto individuais, para observações, questionamentos, formulação de hipóteses, experimentação e elaboração de teorias e leis pelo aluno [...]” (BRASIL, 2004, p. 39).

A produção analítica sobre os livros didáticos têm, há décadas, gerado importantes contribuições a respeito das características dos experimentos que propõem ou de suas concepções sobre a experimentação na ciência e no ensino de ciências.

Assim, temos a dissertação de mestrado de Roseli Schnetzler (de 1980, marcando o início da Educação em Química como campo de pesquisa no Brasil), que avalia o tratamento

do conhecimento químico em livros didáticos para o ensino secundário de Química, no período de 1875 a 1978. O trabalho mostra que esta produção de mais de 100 anos, pela pouca atenção dispensada à experimentação, contribuiu para consolidar uma concepção de Química como “ciência do quadro negro”. Verifica ainda a quase ausência de atividades investigativas, tendo encontrado nos livros uma predominância de propostas de experimentos ilustrativos.

A falta de estímulo ao trabalho no laboratório, além das concepções inadequadas sobre seu papel na construção do conhecimento científico, também são detectadas pelas análises de livros didáticos de ciências realizadas por outros dois estudos já considerados clássicos, os de Borges (1982) e Sicca (1990).

Dos trabalhos mais recentes, podemos citar a dissertação de mestrado de Pena (2000) que, pela proximidade temática (seu título é *A experimentação nos livros didáticos de ciências das séries iniciais do ensino fundamental*), se converte em uma importante referência para o nosso próprio trabalho. A autora examina duas coleções didáticas de Ciências para a 1ª à 4ª séries do ensino fundamental e encontra um número considerável de atividades que poderiam ser consideradas como experimentais, mas conclui que as mesmas não contribuem para a formação de alunos autônomos e portadores de posturas cidadãs:

Porque se o tema chega ao aluno de uma forma instigante, provocativa, sugerindo investigação, deixando espaço para exercício de autonomia e criatividade, as propostas de experimentação não alcançariam, na soma das duas coleções, apenas uma atividade em 79 permitindo ao aluno a elaboração do problema e [...] uma em 79 abrindo espaço para a formulação de hipóteses por parte do aluno (p. 137).

Nossa perspectiva é, portanto, agregar novos conhecimentos a esta categoria de estudos que investigam se e como os livros didáticos, através principalmente de sua função instrumental, incentivam posturas, por parte de professores e alunos, mais condizentes com nossos atuais conhecimentos em disciplinas como Epistemologia, Psicologia e Pedagogia.

As informações da pesquisa educacional, no entanto, têm confirmado que esta coerência entre teoria e prática permanece como um ideal ainda longe de ser atingido.

3.4 A TÍTULO DE SÍNTESE

Atualmente, a experimentação, no âmbito do ensino de ciências, pode ser concretizada mediante a iniciativa de diversos agentes, além dos próprios mestres nas salas de aula.

Pesquisadores e professores encontram em reuniões científicas, em periódicos especializados e na impressão de livros formas eficientes de divulgarem suas idéias e suas propostas para facilitar o emprego dos experimentos em situações formais e informais de ensino e aprendizagem. Estes meios, no entanto, nem sempre são capazes de romper o muro que separa a escola da sociedade ou de comover suficientemente os professores.

Projetos institucionais, por sua vez, parecem conseguir melhores resultados, promovendo transformações reais nos processos educacionais. No entanto, possuem alcance limitado e sua manutenção depende da vontade política das instituições de onde provêm, além de outras contingências.

Em geral, são propostas que se apresentam em maior ou menor conformidade com os consensos da Educação em Ciências, se esforçando para evitar a recondução do que já fora diagnosticado como inadequado durante estas últimas décadas de pesquisa educacional.

Assim, procuram se afastar das concepções empiristas-indutivistas características das modalidades mais tradicionais das atividades de experimentação. Encaram o empreendimento científico como sendo histórico e fruto de discussões, não sendo neutro. Entendem a experimentação como uma etapa importante na construção dos modelos explicativos da ciência, mas não imprescindível ou central – em certos campos disciplinares os experimentos sequer são possíveis, o que não torna estas ciências menos capazes de constituir uma *episteme*. Também consideram a ciência socialmente relevante, por auxiliar os sujeitos a exercerem sua cidadania através de decisões conscientes e fundamentadas.

Do ponto de vista psicológico, julgam relevantes os aportes da psicologia cognitivista para as considerações sobre a aprendizagem. Reconhecem que os sujeitos ingressam nas situações de ensino formal já equipados de estruturas mentais ou esquemas prévios, que podem se constituir ou em pontos de partida para a construção de novos conhecimentos, ou em obstáculos a este processo. Entendem também que a experimentação não só pode como deve abarcar domínios psicológicos que não se restrinjam ao cognitivo ou ao psicomotor, já que a dimensão afetiva está imbricada em aspectos da percepção e da inteligência. Ainda, consideram que a interação social, através de um uso rico da linguagem, pode potencializar a efetividade das situações de aprendizado, devendo ser incentivadas as relações professor-aluno e aluno-aluno.

Pedagogicamente, aceitam que a experimentação pode oportunizar situações de grande envolvimento entre o aluno e o conhecimento que está a se apropriar, além de momentos enriquecedores de argumentação e engajamento coletivo no aprendizado. Acreditam que estas atividades são capazes de estreitar os laços entre professor, aluno e conteúdo, tornando o

ambiente da sala de aula mais criativo e instigante, contribuindo também para uma imagem mais positiva da instituição escolar.

Finalmente, resgatam os materiais do dia-a-dia como meios para a observação dos fenômenos naturais, ajudando a desfazer a noção de que a ciência necessariamente envolve artefatos sofisticados, quase envoltos em magia e mistério. Assim, podem aproximar a ciência do cotidiano e, certamente, tornam mais viável, do ponto de vista econômico e técnico, a montagem de aparatos experimentais por professores e alunos.

Estas características, que podem ser encontradas nas propostas mais atuais das duas primeiras seções deste capítulo, no entanto, em sua maioria ainda não parecem contempladas pelas propostas dos materiais mencionados na terceira seção, os livros didáticos.

As pesquisas têm demonstrado que os manuais escolares continuam não acompanhando as discussões em andamento no âmbito acadêmico, disponibilizando aos alunos e professores um material *dito* inovador e atual: sob uma embalagem chamativa e colorida, ainda é arcaico quanto a importantes aspectos.

Este cenário insatisfatório proporciona inúmeras reflexões e teremos prazer em discutir algumas delas nas considerações finais desta dissertação, no último capítulo. No entanto, vejamos primeiro se os livros didáticos analisados nesta dissertação confirmam os últimos resultados de pesquisas similares ou se há esperanças de que uma ruptura com a tradição do ensino brasileiro já esteja em andamento.

CAPÍTULO 4

A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS, I: Pressupostos e procedimentos

Após três capítulos motivados pela necessidade de conhecermos melhor nossos objetos de estudo, além de definirmos nossos referenciais, finalmente daremos início à apresentação de nossos resultados de pesquisa.

Durante este capítulo, apresentaremos os pressupostos e procedimentos adotados para concluir aquilo a que nos propusemos: *analisar experimentos que envolvem Química em livros didáticos de Ciências de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental avaliados no PNLD 2007*.

Inicialmente, iremos expor os critérios utilizados para separar, em nosso *corpus* de análise, o material a ser avaliado: propostas de experimentos envolvendo Química nos livros didáticos. Isto implicará definir o que entendemos por *propostas* ou *atividades de experimentação*. Também teremos que definir o que consideramos serem *atividades que envolvam Química*, buscando entender o conceito de transformação química como é aceito correntemente pelos praticantes desta ciência.

A seguir, falaremos dos pressupostos teórico-metodológicos que levamos em consideração para justificar a qualificação deste trabalho como uma *pesquisa científica*.

Só então poderemos detalhar os procedimentos técnicos empregados para a coleta e tratamento dos dados, o que faremos ao final do capítulo.

4.1 CRITÉRIOS

Nesta seção explicitaremos os critérios adotados para a delimitação de nosso material de análise, as propostas de experimentos que envolvem Química nas 37 coleções de livros didáticos de Ciências avaliadas no PNLD/2007.

4.1.1 Atividades de experimentação

Há a necessidade de se esclarecer quais foram as atividades propostas nos livros que consideramos experimentos porque estas nem sempre aparecem com algum destaque que as identifique como tal, por exemplo em uma seção denominada “Experimentação” ou “Experimentando”.

Assim, após todo o estudo apresentado nos capítulos 2 e 3 desta dissertação, e após um levantamento exploratório realizado nos livros, pareceu evidente a necessidade de entender que a experimentação, como proposta destes materiais didáticos, pode ser enquadrada como pertencendo ao conjunto de:

- *Propostas de experimentação no sentido amplo*, que incluem boa parte do que Hodson (1988) chama de *trabalho prático*, ou seja, atividades que deveriam exigir do aluno uma postura mais ativa do que passiva, em que fosse solicitado a construir, a registrar, a manipular ou a observar, podendo ocorrer ou não em espaços como o laboratório didático. Para este autor, muito do trabalho de bancada pode servir apenas para “demonstrar um fenômeno, ilustrar um princípio teórico, coletar dados, testar uma hipótese, desenvolver habilidades básicas de observação ou medida, adquirir familiaridade com aparatos, propiciar um ‘espetáculo de luzes, estrondos e espumas’” (p. 2), nem sempre se aproximando, a rigor, do que os cientistas entendem como experimentos.

Este conjunto compreende um subconjunto, que chamamos de:

- *Propostas de experimentação no sentido restrito*, que incluem as propostas que se *aproximam* da experimentação do modo como é realizada pelos cientistas. Assim, deveriam envolver os seguintes procedimentos, sempre mediados por discussões entre os sujeitos participantes: a formulação ou a identificação de

um problema/pergunta que deva ser solucionado/respondida; o uso de uma matriz teórica que guie as decisões a serem tomadas; a formulação de hipóteses acerca do comportamento dos objetos e fenômenos envolvidos; o planejamento do trabalho experimental, identificando as variáveis relevantes, possíveis condições de contorno e os limites da aplicação da teoria; a realização deste trabalho, envolvendo manipulações, ajustes e tomadas de dados; e o registro e a comunicação das conclusões, com atenção para os motivos que levaram o problema a ser resolvido ou não. Tais atividades seriam aquelas pertencentes à modalidade das investigações, como caracterizadas no capítulo anterior.

Assim, consideramos neste trabalho o conjunto das propostas de experimentação no sentido amplo, descartando propostas de trabalho prático com grande presença nos livros, mas que nada têm a ver com a experimentação, como pesquisas bibliográficas, confecções de cartazes, dramatizações e separação de material para exposições. Descartamos também atividades como visitas programadas a zoológicos, usinas e laboratórios, que certamente podem envolver trabalho de natureza experimental (no sentido amplo ou no sentido restrito), mas cujas características não podemos inferir com segurança.

A perspectiva de considerar, para nossa avaliação, um rol mais amplo de atividades além das que nos interessam também é compartilhada no trabalho de Pena (2000). Afinal, determinar quais atividades poderiam ser experimentais no sentido restrito acaba sendo um dos próprios objetivos deste trabalho.

4.1.2 Atividades que envolvam Química

No levantamento exploratório realizado nas 37 coleções didáticas, constatado que, no total lido, havia um número expressivo de propostas de atividades que envolvessem a Química de alguma forma, optamos por concentrar nossos esforços em estudá-las. A partir deste ponto, um levantamento mais minucioso, desta vez buscando detectar somente estas propostas, teve de ser realizado. Foi então que surgiram as primeiras dificuldades.

No limite, *todas* as atividades sugeridas pelos livros, incluindo os experimentos, exigiriam a ocorrência de reações químicas para serem realizadas: nas pilhas que alimentam os circuitos elétricos utilizados para o estudo das correntes, nos conteúdos de Física; na chama da vela que ilumina uma maquete do planeta Terra, quando do estudo da Astronomia; no

metabolismo de um inseto observado em uma atividade típica da Biologia; e mesmo no organismo do executor da atividade, que respira, processa uma refeição de horas atrás, realiza trabalho muscular, pensa...

Necessitamos, portanto, delimitar: de que Química estaremos tratando?

Excluídas de nosso material de análise todas as propostas que poderiam ser enquadradas nas situações “limite”, nos restou um conjunto de atividades em que reações químicas ocorrem e, mais que isso, são *necessárias* para seu andamento adequado. Ou seja, nas propostas que consideramos, as reações químicas aparecem incorporadas aos próprios procedimentos experimentais, não podendo ser substituídas por outros fenômenos para que os objetivos das atividades sejam atingidos. Por exemplo, se certa atividade envolve o uso de uma vela acesa (em que ocorre uma transformação química, a combustão da parafina), mas somente como fonte de iluminação, não iremos analisá-la. A vela acesa pode ser substituída por outra fonte de iluminação, proveniente de fenômenos físicos.

Esta condição apenas parece suficiente para demarcar nosso objeto de estudo, pois resta-nos ainda um último esforço: definir o que entendemos por *reações químicas*. Para isso, recorreremos à bibliografia básica de um curso universitário de Química Geral.

Assim, uma definição possível é dada em função dos conceitos de propriedade física e propriedade química, de acordo com Atkins e Jones (2001, p. 39, grifos dos autores):

A química está envolvida com as propriedades da matéria, as diferentes características da matéria [...]. Uma *propriedade física* de uma substância é uma característica que podemos observar ou medir sem mudar a identidade da substância. [...] Uma *propriedade química* refere-se à habilidade de uma substância de transformar-se em outra substância. Uma propriedade química do gás hidrogênio, portanto, é que ele reage com oxigênio (ele queima em oxigênio) para produzir água.

Outro autor completa este raciocínio:

[...] a afirmação 'O hidrogênio queima em presença do gás oxigênio para formar água' descreve uma *propriedade química* do hidrogênio, porque para observar esta propriedade temos de realizar uma transformação química, nesse caso, a combustão. Depois da transformação, as substâncias originais, o hidrogênio e o oxigênio gasosos, terão desaparecido e uma substância química diferente – água – terá se formado. Não é possível recuperar o hidrogênio nem o oxigênio a partir da água recorrendo a uma transformação física, como ebulição ou congelamento (CHANG, 2006, p. 7, grifo do autor).

Encontramos outra definição, baseada em considerações sobre a energia em sistemas químicos, no livro de Mahan (1978, p. 15): “Uma equação química é um processo mecânico

no mesmo sentido como o é o levantamento de um peso, porque numa reação química, um sistema mecânico de átomos é transformado de um estado a outro”.

Finalmente, há as considerações de Russel (1981), que busca articular os conceitos de propriedade química e estrutura, com uma visão mais microscópica que a dos outros autores:

Um dos objetivos da química é o de poder descrever as propriedades da matéria em termos de sua estrutura interna, seu arranjo e inter-relação de suas partes. Esta palavra, *estrutura*, algumas vezes se refere ao arranjo das partículas, tais como os átomos e moléculas no espaço. Outras vezes ela é usada para indicar algum outro arranjo, tal como a disposição de níveis de energia de um elétron num átomo.

A estrutura da matéria determina suas propriedades. As propriedades podem ser classificadas como físicas ou químicas. [...] Uma *propriedade química* [...] descreve uma transformação química: a interação de uma substância com outra, ou a transformação de uma substância em outra. O ferro se enferruja em um ambiente úmido, o leite não refrigerado azeda, a madeira queima ao ar, dinamite explode - cada uma destas é uma propriedade química, porque cada uma envolve uma transformação química. Durante as transformações químicas, substâncias são efetivamente transformadas em outras substâncias. O desaparecimento simultâneo de algumas substâncias (chamadas *reagentes*) e o aparecimento de outros (os *produtos*) é característico da transformação química (reação química). As transformações químicas são geralmente caracterizadas por rearranjos estruturais internos pronunciados (p. 11, grifos do autor).

Com a ajuda destes quatro autores, compreendemos o modelo explicativo atualmente utilizado para o entendimento do que seriam as transformações químicas, em que estas envolvem as interações de substâncias (reagentes) entre si e/ou com fatores físicos (por exemplo, fótons de radiação ou variações de temperatura), marcando alterações estruturais em nível atômico. A estas alterações correspondem novas configurações energéticas, determinando propriedades químicas específicas para as substâncias formadas (produtos). Muitas vezes, as alterações nas propriedades químicas serão acompanhadas por alterações pronunciadas nas propriedades físicas (por exemplo, na capacidade de absorver e refletir radiações de comprimentos de ondas diferentes, repercutindo em uma diferença entre a coloração do produto em relação à do reagente), embora isto não seja uma regra. Não podemos esquecer que as transformações ou reações químicas são processos, isto é, supõem transformações nos sentidos de conversão de produtos em reagentes e de reagentes em produtos, cujas taxas de velocidade se igualam em uma situação de equilíbrio químico. A extensão com que um dos sentidos destas transformações reversíveis é privilegiado em detrimento do outro é condicionada a duas tendências: a estabilidade energética do(s) reagente(s) e produto(s) e a manutenção de uma situação de entropia máxima, quando este sistema é considerado como fechado.

Sendo assim, não foram consideradas, em nosso trabalho, as propostas de atividades dos livros didáticos em que não ocorressem alterações nas propriedades químicas das substâncias envolvidas, ou seja, atividades não relacionadas com mudanças nas estruturas das moléculas de modo a influenciar em seus conteúdos energético e entrópico. Isso justifica a exclusão, por exemplo, de atividades sobre técnicas de separação física de materiais, que apesar de normalmente integrarem os currículos de Química em níveis mais avançados, não envolvem transformações químicas²⁴.

4.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Esta é uma investigação sobre o ensino de Química, um processo educacional marcado por ações deliberadas de diversos agentes e encenado em uma trama histórico, sócio e culturalmente construída. Em outras palavras, não se trata de um fenômeno natural, como o é uma transformação química, para cujo estudo podem ser propostos e empregados modelos e equações que expliquem sua estrutura íntima, permitindo também a elaboração e o teste de hipóteses que afinal poderão revelar o grau de aplicabilidade do modelo em contextos diversos, sua capacidade de previsão conforme variam as condições iniciais e até que ponto pode se traduzir em uma representação exata do real.

Isto não significa que o fenômeno que estamos a estudar não possua uma estrutura, uma essência, ou que não exista algum tipo de ordem subjacente ao modo como se apresenta diante de nós. Explicitar a diferença entre um fenômeno social e um fenômeno natural, no contexto da pesquisa científica, significa apenas reafirmar que cada um destes objetos – de uma investigação – demandará instrumentos e procedimentos específicos para a compreensão de sua essência.

Assim, ao tratar de um fenômeno (a proposição de atividades experimentais envolvendo transformações químicas, em livros didáticos de Ciências de 1ª a 4ª séries avaliados no PNLD/2007) social (pois é resultado da intenção de determinados sujeitos – os envolvidos na autoria e na edição destes livros – em atender a determinadas demandas de

²⁴ Um exemplo específico seria o das atividades de extração de pigmentos vegetais para a produção de cromatogramas em papel. Este tipo de técnica de separação não recorre à alteração da identidade química das substâncias envolvidas, mas à interação entre estas substâncias e as que compõem um suporte material (fase estacionária) e as que compõem um fluido (fase móvel).

situações que envolvem outros sujeitos, sejam elas educacionais, políticas, econômicas, filosóficas, etc.), temos de encontrar uma metodologia que dê conta de responder as perguntas orientadoras da pesquisa sem que pressuponha certas proposições cabíveis estritamente no âmbito das pesquisas sobre fenômenos naturais, por exemplo, a proposição ontológica de que o real é matematizável ou de que, dadas as mesmas condições iniciais, a evolução de um sistema sempre passará pelos mesmos estados.

Felizmente, a modalidade de pesquisa *qualitativa* preenche este requisito, dentro da qual encontramos um instrumento apropriado para o perfil do estudo que desejamos realizar: a *análise de conteúdo*. De acordo com Bardin (1977, p. 38 apud FRANCO, 2005, p. 20),

A análise de conteúdo pode ser considerada um conjunto de técnicas de análises de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens... A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens, inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não).

De acordo com Franco (2005, p. 25-26), a inferência é de extrema importância, permitindo a passagem da *descrição* (“a enumeração das características do texto, resumida após um tratamento inicial”) à *interpretação* (“a significação concedida a essas características”).

Sobre o tipo de inferência que pode ser esperada de um trabalho como o nosso, que analisa as propostas de experimentação em livros didáticos, recorreremos novamente ao trabalho de Pena (2000, p. 14):

A particularidade de inferência da análise de conteúdo [...] é extremamente útil ao estudo proposto. Exemplificando: qual é a contribuição da atividade de experimentação na construção do conhecimento implícita no discurso de determinado autor? Não estando explícita a mensagem, a análise de conteúdo possibilita fazer as inferências — e, o mais importante, comprovar as deduções, o que consiste numa operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras.

A adequação da análise de conteúdo para os estudos envolvendo livros didáticos é sustentada pelos seguintes argumentos de Vaz (1989, p. 31 apud PENA, 2000, p. 15):

- sendo mensagens escritas elas podem ser analisadas facilmente;
- outros pesquisadores podem fazer novas análises do mesmo material;
- tendo sido preparadas por estudiosos do problema estas mensagens resultam de um esforço de síntese e portanto consistem em tendências elaboradas;
- pelo mesmo motivo estas mensagens influenciaram de uma maneira ou de outra um conjunto de professores, ou seja, transformaram-se em prática.

A metodologia da análise de conteúdo envolve, após a definição dos objetivos da pesquisa, do referencial teórico e do tipo de material que será analisado, o estabelecimento das chamadas *unidades de análise*, conforme Franco (2005). De acordo com a autora, as unidades são de dois tipos: as de *registro* e as de *contexto*. Em nosso caso, utilizaremos como unidade de registro o Tema, definido como “uma asserção sobre determinado assunto. Pode ser uma simples sentença (sujeito e predicado), um conjunto delas ou um parágrafo” (FRANCO, 2005, p. 39). Esta unidade de registro aparece, em nosso material de análise, no conjunto de proposições que constituem as propostas de atividades experimentais selecionadas, assim como nas afirmações dos autores dos livros sobre como concebem a importância da experimentação no ensino de ciências, afirmações estas que podem estar manifestas (por exemplo, nas páginas dos manuais do professor) ou latentes (podendo ser inferidas pelo uso de determinadas expressões ou pelo formato adotado para encaminhar as propostas de atividades). As unidades de contexto, definidas por Franco (2005) como “a parte mais ampla do conteúdo a ser analisado” (p. 43), devendo ser “considerada e tratada como a unidade básica para a compreensão da codificação da unidade de registro” (p. 44) por possuir dimensões superiores e permitir a compreensão de significados exatos, serão em nosso caso tanto os próprios corpos das atividades selecionadas (por exemplo, os *boxes* “Experimentação” ou “Experimentando”, presentes em alguns livros) como os capítulos ou divisões em que estas aparecem.

Definidas estas unidades, estabelece-se um sistema de *categorias*, permitindo a classificação do material de análise. Esta classificação obedece a critérios de qualidade, sempre articulados aos referenciais teóricos, podendo estar arranjados em instrumentos já elaborados por pesquisas anteriores ou emergir da atitude do próprio pesquisador, que observando as características do material de análise, estabelece as categorias mais apropriadas para sua descrição, sempre visando às inferências. Em nosso caso, como será exposto no próximo capítulo, ocorrerão as duas situações.

Apesar de pertencer à modalidade qualitativa, nosso conjunto de documentos em análise é fechado e exaustivo, ou seja, lidamos com *todos* os documentos que compõem um dado conjunto – os livros de Ciências avaliados no PNLD/2007 –, o que elimina problemas de amostragem e contribui para tornar mais confiáveis nossas inferências a partir de dados quantitativos.

4.3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Nossos procedimentos técnicos envolveram:

- A organização das 37 coleções de livros de Ciências avaliadas no PNLD/2007, providenciadas pelo CDCC e disponibilizadas, na instituição, para acesso imediato do pesquisador;
- A leitura de todos os volumes das coleções, realizada tanto no levantamento exploratório quanto no levantamento focalizado nas propostas de atividades que envolvessem Química. Os volumes utilizados foram os manuais do professor, já que os mesmos também apresentam integralmente os livros dos alunos. Em cada volume, os números das páginas que pudessem conter material de nosso interesse foram anotados, junto de uma pequena descrição para cada atividade proposta pelo livro. Quando proposta no livro do aluno, anotamos também o número da página do manual do professor que fizesse algum tipo de menção à atividade, caso fizesse;
- A digitalização do material de interesse (propostas encaminhadas nos livros dos alunos, comentários destas propostas nos manuais do professor e propostas encaminhadas somente nos manuais do professor);
- A constituição de uma base de dados, permitindo acesso ágil às páginas digitalizadas. Nesta base, para cada proposta de atividade digitalizada, constavam informações sobre onde seria encontrada: código da coleção, conforme atribuído pelo PNLD (no conjunto de obras que utilizamos, não havia identificação dos nomes das coleções nem de seus autores); volume; nome da unidade e/ou do capítulo; e número da(s) página(s), tanto do livro dos alunos quanto do manual do professor, quando fosse o caso. Cada proposta também estava acompanhada de uma pequena descrição, a fim de melhor orientar nosso trabalho.

Assim, a análise do material, visando a classificação nos sistemas de categorias para a constituição dos resultados, foi realizada quase que integralmente a partir da base de dados construída. Nos casos em que as informações complementares fossem requeridas, recorríamos à consulta dos volumes no CDCC, o que ocorreu com pouca frequência.

Podemos passar, então, à apresentação dos resultados.

CAPÍTULO 5

A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS, II: Resultados e discussões

Já conhecemos os critérios adotados nesta pesquisa para a composição de nosso material de análise, assim como os pressupostos teórico-metodológicos que a guiaram e os procedimentos técnicos realizados. Ainda não apresentamos, no entanto, sobre o que *exatamente* esta análise recaiu, nem os instrumentos específicos que a viabilizaram. Esta omissão intencional teve o papel de evitar a apresentação um grande número de informações, no capítulo anterior, que não teriam grande significado em uma primeira leitura, demandando uma reapresentação neste capítulo.

Assim, preencheremos estas lacunas ao longo das próximas páginas, acompanhando o desenvolvimento de cada um dos assuntos que investigamos, apresentados em três seções.

A primeira será dedicada à caracterização das atividades selecionadas dos livros quanto a seu caráter de investigação, entendida como modalidade de atividade experimental para o ensino de ciências, de acordo com os materiais estudados no capítulo 3 e em contraposição às modalidades exploradas no capítulo 2.

A segunda abordará o estudo do tipo de contribuição que estas atividades ofereceriam ao ensino de Química, entendida como a ciência que estuda as transformações químicas (de acordo com o capítulo 4) e as propriedades químicas de diversas substâncias.

Finalmente, na terceira seção apresentaremos alguns estudos de outros aspectos das atividades cuja importância reconhecemos, embora não tenha sido possível dedicar-lhes um espaço maior desta dissertação.

Todo o conjunto de atividades analisadas no decorrer deste capítulo é apresentado no “mapa” constituído pelas Tabelas 1 e 2, em que dispomos a quantidade de material selecionado conforme se apresentam nos diferentes volumes de coleções, respectivamente no conjunto das aprovadas e excluídas no PNLD.

Tabela 1: quantidade de propostas de atividades experimentais encontradas em cada volume das coleções aprovadas.

<i>Coleção</i>	<i>número de atividades por série</i>				número total
	<i>1ª</i>	<i>2ª</i>	<i>3ª</i>	<i>4ª</i>	
1	2	5	8	2	17
2	1	7	3	11	22
3	1	1	7	1	10
4	2	7	5	13	27
5	1	4	3	0	8
6	3	1	8	1	13
7	8	7	6	2	23
8	3	0	3	0	6
9	4	5	7	2	18
10	7	2	1	2	12
11	1	2	5	1	9
12	4	4	5	4	17
conjunto total	37	45	61	39	182

Tabela 2: quantidade de propostas de atividades experimentais encontradas em cada volume das coleções excluídas.

<i>Coleção</i>	<i>número de atividades por série</i>				número total
	<i>1ª</i>	<i>2ª</i>	<i>3ª</i>	<i>4ª</i>	
13	0	0	0	0	0
14	4	1	5	2	12
15	0	5	6	0	11
16	1	2	8	0	11
17	3	4	3	1	11
18	2	5	2	1	10
19	0	2	1	1	4
20	4	2	4	6	16
21	1	1	2	1	5
22	3	2	0	3	8
23	6	2	5	1	14
24	6	6	2	0	14
25	2	2	2	1	7
26	1	1	3	2	7
27	0	1	2	3	6
28	1	5	1	1	8
29	1	0	0	2	3
30	1	4	1	1	7
31	5	3	4	1	13
32	1	1	5	0	7
33	0	1	5	2	8
34	0	1	1	1	3
35	2	1	6	3	12
36	1	2	0	0	3
37	1	4	11	5	21
conjunto total	46	58	79	38	221

5.1 GRAUS DE PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES NAS ATIVIDADES

Durante o segundo capítulo deste trabalho, percorremos a história da experimentação para o ensino de ciências, dos momentos subsequentes ao surgimento de uma ciência moderna até a chegada das primeiras contribuições da psicologia cognitivista à educação escolar e, em especial, à educação científica. Revendo esta história, é possível apreender um certo padrão, quanto à estrutura das modalidades de experimentação “paradigmáticas” em cada período que abordamos: das demonstrações, passando pelo laboratório tradicional e as atividades de redescoberta, até os experimentos integrantes das primeiras estratégias de mudança conceitual, há um progressivo incremento na importância dada à participação do estudante para a realização da atividade.

Quando, na atualidade, se propõe que tais atividades devem ter um caráter investigativo, esta participação discente adquire um papel que nunca antes lhe fora outorgado: chega-se a ver como desejável que até mesmo os motivos para a realização de um trabalho experimental (por exemplo, um *problema* relevante para o aprendizado de certo conteúdo ou mesmo algum dilema que a própria comunidade escolar ou local esteja enfrentando) sejam identificados e/ou propostos pelos próprios estudantes. Os aprendizes, no entanto, não estariam incumbidos de realizarem sozinhos uma tarefa de tamanha exigência: esta pedagogia não fará grandes avanços a menos que o professor esteja presente em todas as etapas deste trabalho, mais orientando do que dirigindo, mais interagindo do que agindo.

Na busca por um instrumento que fosse capaz de identificar o grau de participação exigida do estudante em uma dada proposta de atividade prática ou experimental, nos deparamos, no trabalho de Pena (2000), com uma proposta de Pella (1961), que infelizmente não pudemos consultar em sua versão original²⁵.

Pella propõe um quadro que classifica em cinco categorias as atividades experimentais conforme certas etapas de seus procedimentos sejam realizadas pelo professor ou pelos alunos. No nosso caso, como já adaptado por Pena (2000), o papel atribuído ao professor será representado pelo papel do livro didático. Na Figura 4 apresentamos uma versão do quadro, conforme será utilizada neste trabalho.

²⁵ Não encontramos, nas bibliotecas brasileiras (de acordo com o Catálogo Coletivo Nacional), o exemplar do periódico em que o artigo foi publicado, por ser relativamente antigo. Contatamos alguns pesquisadores que sabíamos ter conhecimento do artigo, desejando obter uma cópia, mas não recebemos respostas.

Etapas do procedimento	Categoria da atividade					
	I	II	III	IV	V	VI
Elaboração do problema	LD	LD	LD	LD	LD	A
Hipótese	LD	LD	LD	LD	A	A
Plano de trabalho	LD	LD	LD	A	A	A
Montagem dos instrumentos	P	A	A	A	A	A
Observações/coleta de dados	LD/P/A	A	A	A	A	A
Conclusões	LD/P/A	LD/P	A	A	A	A

Figura 4: instrumento para classificação de atividades experimentais de acordo com o grau de participação do estudante em sua condução (adaptado de Pella (1961)).

LD: livro didático; P: professor; A: aluno.

De acordo com este instrumento, as atividades experimentais poderiam ser classificadas em seis categorias (uma a mais em relação à versão original):

- *Categoria I:* são as demonstrações simples, com o direcionamento do livro didático quanto à elaboração do problema, a formulação de hipóteses e a proposição de um plano de trabalho. A montagem do equipamento experimental fica a cargo do professor, mas as observações a serem realizadas, os dados a serem coletados e as próprias conclusões podem também ser estabelecidas pelo livro didático. Em alguns casos, no entanto, pode haver abertura para que o aluno faça observações/colete dados e tire suas próprias conclusões sobre o demonstrado;
- *Categoria II:* cabe aos alunos somente montar os instrumentos e observar/coletar dados. As conclusões já estão estabelecidas *a priori* pelo livro didático, ou são fornecidas imediatamente pelo professor (conforme recomendação do livro). Esta categoria possui traços em comum com as modalidades do laboratório tradicional e dos experimentos por redescoberta;
- *Categoria III:* os alunos não apenas montam os instrumentos e observam/coletam dados, mas também são solicitados a tirarem conclusões. Atividades desta categoria auxiliam o professor a conhecer as possíveis representações que os alunos possam construir para explicar as relações causais envolvidas nos fenômenos observados, o que aproxima esta categoria das modalidades com alguma influência da psicologia cognitivista;
- *Categoria IV:* cabe ao livro didático estabelecer um problema e propor hipóteses, estando os demais passos sob responsabilidade dos alunos. Conforme Pena (2000, p. 21), “Ao ser realizada dessa forma, a atividade possibilita ao aluno desempenhar uma certa criatividade, pois será permitido a

ele decidir como desenvolver as técnicas para testar as hipóteses da mesma forma que a coleta e o tratamento dos dados.”;

- *Categoria V*: esta categoria “incluye no solo todas las actividades anteriores, sino también la de reformular un problema general en una forma abierta a la investigación (desarrollo de hipótesis).” (DE JONG, 1998, p. 308);
- *Categoria VI*: da elaboração dos problemas às conclusões, todas as etapas envolvem a participação dos alunos. Por exemplo, projetos interdisciplinares, envolvendo o diagnóstico de um problema significativo para a comunidade escolar ou local e a proposição de soluções, com o estudo de todas as etapas intermediárias deste processo, poderiam ser considerados como atividades típicas desta categoria.

Segundo De Jong (1998), as últimas categorias implicam um ambiente de aprendizagem mais orientado à investigação aberta. No entanto, no atual ensino de ciências, experimentos das três primeiras categorias são os mais comuns.

Pella faz algumas recomendações em relação aos graus de liberdade conferidos ao professor/livro e ao aluno no uso do laboratório:

Para operacionalizar os objetivos de ensino atribuídos à atividade de experimentação, considera-se que a mesma deve ser introduzida no ensino a partir do primeiro grau, precisando alternar experiências que permitem o grau de liberdade II [em nosso caso, III] com experiências que permitem o grau de liberdade III [em nosso caso, IV] (apud PENA, 2000, p. 21).

São conhecidas as dificuldades que alunos das séries iniciais (faixa etária dos seis aos 12 anos de idade) apresentam quanto ao pensamento lógico-matemático:

A criança de 7 a 11 anos age como se sua tarefa principal fosse organizar e ordenar aquilo que está presente num determinado momento; quando necessário, ela é capaz de extrapolar de maneira limitada esta organização e esta ordenação para uma situação ausente; porém, a extrapolação é considerada, nestes casos, como uma atividade especial. Ela não sabe definir (ao contrário do adolescente, que é capaz de fazê-lo), desde o início, todas as eventualidades possíveis e a partir daí tentar descobrir quais destas possibilidades realmente ocorrem no presente; nesta estratégia, o real se transforma num caso particular do possível, mas o inverso não ocorre (FLAVELL, 2001, p. 208).

Assim, estando seu processo de elaboração de hipóteses explicativas tão limitado, compreende-se a importância de atividades em que esta criança seja auxiliada por um adulto (ou pelo próprio livro didático) a realizar esta tarefa, justificando as atividades da categoria IV. No entanto, acreditamos que atividades da categoria V, que demandem o raciocínio

hipotético-dedutivo dos estudantes, também devam se fazer presentes já neste nível de ensino, ainda que de modo discreto, incentivando a construção de estruturas cognitivas que possibilitem a conclusão de tarefas tão ou mais complexas em momentos posteriores.

Passemos a explorar nosso material de análise, exemplificando, primeiramente, como as atividades selecionadas se enquadram no sistema de categorias de Pella.

Os três primeiros exemplos são atividades que utilizam praticamente os mesmos tipos de materiais, envolvendo uma mesma transformação química: a neutralização de uma solução de ácido acético (vinagre comum) por bicarbonato de sódio, levando à efervescência do meio pela liberação de gás carbônico.

Como atividade da categoria I, temos a seguinte proposta²⁶:

alguns exercícios feitos em sala ou no pátio da escola reforçarão o entendimento da transformação dos materiais. Mas, atenção: *as sugestões a seguir devem ser feitas exclusivamente pelo professor*. [...] c) Despejar 4 colheres (sopa) de vinagre dentro de uma garrafa plástica transparente; pôr 2 colheres (de sopa) de bicarbonato de sódio dentro de um balão de soprar (bexiga). Em seguida, encaixar cuidadosamente a bexiga na boca da garrafa para que o bicarbonato não caia no vinagre. Após ter encaixado a bexiga, levante-a para que o bicarbonato caia no vinagre. O líquido dentro da garrafa ficará efervescente e a bexiga se encherá com o gás carbônico liberado (Coleção 7, 2ª série, p. 36 do manual do professor, grifo nosso).

Esta atividade pertence à categoria I pelo fato de todas as etapas terem sido propostas/realizadas pelo livro/professor. Não é solicitado que o professor incentive a participação dos alunos nem mesmo na elaboração de conclusões, já que a atividade se propõe apenas a *reforçar* o entendimento do que seria uma transformação dos materiais.

A seguir, um exemplo de atividade da categoria II (Figuras 5 e 6).

Figura 5: exemplo de atividade da categoria II (Coleção 1, 3ª série, p. 116).

²⁶ Utilizaremos neste capítulo somente transcrições e reproduções de páginas de livros das coleções aprovadas, por serem obras de conhecimento público.

- Observe e descreva em seu caderno o que ocorre.
- O que acontece com o bicarbonato de sódio dentro da garrafa?
 - Molhe o dedo no vinagre que ainda não foi utilizado e prove. Faça o mesmo com o líquido no interior da garrafa. O gosto continua o mesmo? Que mudanças você observou no vinagre?
- Nessa experiência, pudemos observar a produção de novas substâncias a partir da combinação de substâncias comuns: bicarbonato de sódio e vinagre. O vinagre e o bicarbonato de sódio reagiram entre si. A reação produziu duas novas substâncias: a água e o gás carbônico.

Figura 6: exemplo de atividade da categoria II (Coleção 1, 3ª série, p. 116) (continuação da Figura 5).

Percebe-se, neste exemplo, que a atividade é proposta pelo livro já com todas as etapas planejadas, cabendo aos alunos apenas a execução e a observação de aspectos que os autores julgam relevantes. Na Figura 6, a explicação do que ocorreu já é antecipada pelo livro, que recorre inclusive a uma representação semelhante a uma equação química.

Uma atividade da categoria III é a exemplificada a seguir, iniciada com o enunciado: “Que tal fazer uma transformação química? Reúna-se com um grupo de colegas e, com a orientação do professor, faça a experiência a seguir, anotando suas observações no caderno” (Coleção 11, 3ª série, p. 156). Após o fornecimento da lista de materiais necessários e de um procedimento experimental (de forma parecida ao que é reproduzido na Figura 5), segue-se a atividade de registro reproduzida na Figura 7. Diferentemente do exemplo anterior, os autores do livro dirigem as observações dos alunos para certas manifestações do fenômeno em estudo, mas não chegam a antecipar as conclusões, ou pelo menos não apontam seu próprio modelo explicativo. Supõe-se que isto deva ficar a cargo do professor, que trabalhará as explicações fornecidas pelos alunos, tentando aproximá-las da explicação científica.

Fique de olho!

- a. *O que aconteceu quando o bicarbonato se misturou ao vinagre?*
- b. *O que aconteceu com o balão?*
- c. *Como ficou a temperatura da garrafa? Toque-a para conferir.*
- d. *O sabor do líquido da garrafa é igual ao do vinagre?*

Figura 7: exemplo de atividade de registro integrada a uma atividade de categoria III (Coleção 11, 3ª série, p. 156).

A distinção entre o que seriam atividades da categoria II e da categoria III é muito sutil e merece a ilustração de mais alguns exemplos. Para isso, selecionamos outra classe de transformações químicas presentes em vários livros: a reação entre amido e iodo, levando à formação de um complexo de coloração escura.

Na Figura 8, reproduzimos um exemplo deste tipo de atividade classificado como pertencente à categoria II. O fenômeno observado é explicado pelos próprios autores, que explicitamente declaram se tratar de uma reação química, fechando a atividade às explicações que os alunos desejem atribuir.

Descobrindo a presença de amido nos alimentos
Ver Manual do Professor.

Material:

- tintura de iodo ou lugol
- um prato
- arroz cozido, batata, farinha de trigo, fubá, miolo de pão, sal, limão

Como fazer:

- Espalhe no prato pequenas porções de cada alimento e pingue sobre cada um deles uma a duas gotas de tintura de iodo ou lugol.
- Observe se o alimento muda de cor.

Quando o iodo encontra o amido, ocorre uma reação entre eles. Podemos verificar se houve a reação pelo aparecimento da cor roxa.

Registre no caderno o resultado do experimento, num quadro como este.

Alimento	Apareceu a cor roxa?	Houve transformação?	Tem amido?
Arroz cozido	Fa. sim em seu caderno	Faça sim. seu caderno	Faça e. sim. seu caderno
Sal	Fa. não em seu caderno	Faça não. seu caderno	Faça e. não. seu caderno
Farinha de trigo	Fa. sim em seu caderno	Faça sim. seu caderno	Faça e. sim. seu caderno
Fubá	Fa. sim em seu caderno	Faça sim. seu caderno	Faça e. sim. seu caderno
Miolo de pão	Fa. sim em seu caderno	Faça sim. seu caderno	Faça e. sim. seu caderno
Limão	Fa. não em seu caderno	Faça não. seu caderno	Faça e. não. seu caderno
Batata	Fa. sim em seu caderno	Faça sim. seu caderno	Faça e. sim. seu caderno

Figura 8: exemplo de atividade da categoria II (Coleção 12, 3ª série, p. 177).

Por outro lado, a atividade sobre a qual são propostas as questões reproduzidas na Figura 9 é classificada na categoria III. As conclusões do experimento realizado (semelhante ao teste reproduzido na Figura 8, mas envolvendo sal, farinha de trigo, batata fatiada, abobrinha fatiada e um pedaço de carne crua) devem ser extrapoladas para um contexto mais abrangente, não sendo reveladas pelo livro.

Responda.

O que você observou no experimento?

Pesquise, troque idéias com um(a) colega e responda.

a) Por qual nome é conhecido o material que fica azulado em contato com tintura de iodo?

b) Se você comer um bife com batata frita, arroz, feijão, salada de alface e tomate, quais desses alimentos forneceriam o material testado?

c) Em que órgãos do tubo digestório esse material é transformado?

Figura 9: exemplo de atividade de registro integrada a uma atividade da categoria III (Coleção 3, 4ª série, p. 99).

Ainda sobre as distinções entre atividades da categoria II e da categoria III, tivemos que adotar critérios específicos para as propostas exclusivas dos manuais do professor. Estas atividades, que os autores julgam de caráter complementar, deixando somente aos docentes a opção por realizá-las, aparecem encaminhadas nos livros de dois modos, basicamente:

- Como “roteiros destacáveis”: chamamos assim aquelas propostas que, apesar de não constarem nos livros dos alunos, poderiam ser encaminhadas a eles por meio de cópias das páginas dos manuais do professor. Há indicativos claros, nos manuais, de que o uso pretendido da atividade seja este: por exemplo, os autores se dirigem verbalmente aos alunos (com expressões características, do tipo “faça o seguinte experimento com seus colegas” ou “peça a um adulto para...”), ou as propostas, quanto a seus aspectos de apresentação (diagramação, tipo e tamanho de fonte utilizada), são idênticas às dos livros dos alunos, dando a entender que se destinam aos pupilos. As propostas consideradas destacáveis, portanto, foram tratadas do mesmo modo que as propostas dos livros dos alunos para fins de classificação, apesar de estarem nos manuais do professor;
- Como “roteiros dos docentes”: chamamos assim todas as propostas que apresentassem indicativos claros de se destinarem somente ao uso dos professores, não sendo recomendável sua distribuição aos alunos. Foram considerados indicativos desta espécie informações científicas nitidamente mais avançadas em relação aos conteúdos dos livros dos alunos (por exemplo, explicações sobre a ocorrência de certa reação química em termos submicroscópicos e representacionais) entremeadas ao texto orientador da atividade. Outro indicativo, obviamente, foi a presença de expressões dirigidas explicitamente aos docentes, como recomendações didáticas. Havendo explicações prévias para os fenômenos já nos textos das propostas, consideramos que as atividades em que houvesse recomendação dos autores para que estas explicações fossem transmitidas aos alunos ao término da execução deveriam ser classificadas na categoria II. Por outro lado, não havendo tais explicações, ou havendo recomendações de que não fossem dadas aos alunos imediatamente, as atividades foram classificadas na categoria III.

Na Figura 10 apresentamos um exemplo de proposta “destacável” da categoria II. Abaixo, a transcrição de uma proposta do tipo “roteiro do professor” da categoria III:

Se achar conveniente, proponha aos alunos a realização de outra atividade experimental em que eles poderão perceber a importância da luz solar para os vegetais. Para isso, vocês vão precisar de um local que tenha um gramado e um recipiente para cobrir parte dele, como uma lata ou uma forma. Siga as instruções a seguir.

- Escolham um bom lugar para realizar a atividade. Esse local deve ser gramado e ficar longe do tráfego de pessoas e animais.

- Coloquem o recipiente com a boca voltada para baixo sobre parte do gramado. Deixem-no nessa mesma posição por cerca de sete dias. Pergunte aos alunos o que, na opinião deles, vai acontecer com os vegetais que estão cobertos pelo recipiente.

- Após cerca de sete dias, retirem o recipiente do gramado e observem os vegetais que estavam cobertos. Peça aos alunos que verifiquem se o que responderam no início da realização da atividade estava correto. Caso contrário, peça a eles que corrijam a resposta. Em seguida, faça a eles as seguintes questões.

- O que vocês puderam observar quando descobriram os vegetais? Como eles estavam? Na opinião de vocês, por que isso aconteceu? Espera-se que os alunos respondam que os vegetais que foram cobertos estavam mais claros do que antes. Isso aconteceu devido à falta de luz solar.

- Na opinião de vocês, os vegetais que ficaram cobertos podem, novamente, ficar com a mesma aparência que estavam no início da atividade? Por quê? Espera-se que os alunos respondam que sim, pois os vegetais voltarão a receber luz solar.

Após os estudantes lerem os textos da página 83, faça na lousa um esquema que represente o processo de fotossíntese. Peça-lhes que expliquem com as suas próprias palavras esse processo e anote no esquema as conclusões a que eles chegaram (Coleção 9, 3ª série, p. 44 do manual do professor).

II - Identificando o amido

Material:

1 batata picada; 1 panela; água; 1 colher pequena; 2 recipientes pequenos; tintura de iodo; arroz cozido; alface.

Como fazer:

Peça a um adulto que cozinhe a batata com um pouco de água durante alguns minutos.

Ponha água nos dois recipientes até a metade. Na primeiro recipiente, acrescente uma colher da água em que a batata foi cozida. No outro, acrescente uma colher de tintura de iodo.

Pingue algumas gotas da solução de iodo no recipiente com a água da batata cozida. O que acontece? Repita o procedimento com o arroz e a alface e veja os resultados.

Explicação: A batata contém uma substância orgânica chamada amido. Para verificar a presença de amido num alimento, basta fervê-lo e pingar solução de iodo na água da fervura. O líquido ficará azul ou negro se houver amido.

Figura 10: exemplo de atividade destacável do manual do professor, da categoria II (Coleção 4, 4ª série, p. 80-81 do manual do professor).

Finalmente, uma última observação sobre as distinções levadas em conta para classificar atividades entre as categorias II e III: frequentemente, os livros apresentam conclusões ou explicações dos experimentos em momentos subsequentes às propostas. Nestes casos, consideramos que as explicações apresentadas em uma página diferente (a página seguinte) não inibiriam a formulação de explicações pelos próprios alunos. O mesmo foi considerado para explicações dos livros que aparecessem nas mesmas páginas das propostas, mas que visivelmente não as integrassem. Um exemplo deste caso está reproduzido na Figura 11, em que se observa uma linha pontilhada azul que denota descontinuidade entre a proposta de atividade e o momento em que uma possível explicação é apresentada pelo livro.

4 Veja a atividade experimental que Roberta realizou.

A Roberta fez uma abertura na lateral de uma caixa de sapatos. Em seguida, ela colocou dentro da caixa, do lado oposto à abertura, a tampa de um pote de maionese com algodão umedecido e três grãos de feijão.

B Por último, Roberta tampou a caixa de sapatos e deixou-a em um local que recebia luz solar. Diariamente, Roberta abria a caixa e regava o algodão e os feijões, tomando cuidado para não encharcá-los.

C Após 15 dias, Roberta percebeu que os feijoeiros cresciam em direção à abertura que ela fez na caixa de sapatos.

a) Por que Roberta umedecia o algodão diariamente?

b) Escreva, com suas palavras, por que as plantas cresceram em direção à abertura que Roberta fez na caixa de sapatos.

Realize esta atividade com os colegas.

Os seres vivos necessitam da luz solar para sobreviver e se desenvolver, pois ela ajuda na produção de alimentos.

Os vegetais utilizam a luz solar na produção de seu alimento por meio de um processo conhecido como fotossíntese. Os vegetais servem de alimento para muitos animais.

Além disso, o calor do Sol contribui para manter a temperatura* do nosso planeta adequada à vida.

Figura 11: exemplo de atividade de categoria II com explicação dada pelo livro, mas isolada do contexto da proposta de atividade (Coleção 9, 2ª série, p. 34).

As atividades das categorias IV e V são mais facilmente reconhecíveis e classificáveis.

Como atividade de categoria IV há o exemplo reproduzido na Figura 12. No contexto de uma discussão sobre a gênese espontânea dos seres vivos, em que se recupera o papel de Francesco Redi na história da ciência, o livro apresenta as conclusões do cientista como uma hipótese a ser investigada através da experimentação. Propõe, então, que os alunos planejem e executem tal atividade experimental, utilizando uma lista de materiais previamente sugerida.

As atividades da categoria V, inerentemente, apresentam um tipo de dificuldade que é bem solucionada por alguns livros: por partirem das hipóteses elaboradas pelos próprios alunos, elas não poderiam ser propostas já com roteiros ou materiais pré-estabelecidos; no entanto, os livros podem oferecer ao professor exemplos alternativos como parâmetros para comparação com as atividades que os alunos elaborarem ou como possibilidades a serem realmente trabalhadas em sala, caso estes não consigam resolver a tarefa satisfatoriamente. Um exemplo deste tipo de abordagem é mostrado na Figura 13.

Francesco Redi não acreditava que camundongos pudessem surgir da ação do princípio vital sobre camas e trigo. Ele decidiu fazer experimentos com formas de vida mais simples, as moscas, e mostrar que nem as moscas poderiam surgir pela ação do princípio vital.

Sua idéia era a seguinte: os “bichos” que aparecem, por exemplo, na carne deixada exposta, ao ar livre, por alguns dias, são na verdade filhotes de moscas adultas que visitaram a carne. Para Redi, as moscas botavam ovos sobre a carne. Os ovos eram invisíveis a olho nu. Dos ovos saíam, após alguns dias, as larvas, que se desenvolviam até ficarem bem grandes. Se nada fosse feito para impedir o desenvolvimento, as larvas se transformariam em pupas e, depois de alguns dias, das pupas sairiam as novas moscas.

A vida de uma mosca passa pelas fases representadas na ilustração.

3. Que tal mostrar se é isso que ocorre?

Material:

- dois frascos plásticos, transparentes, de boca larga
- gaze
- fita adesiva
- pequenos pedaços de carne

Materiais para o experimento.

Como você e seu grupo montariam um experimento para ver se Redi tinha razão?

Registre em seu caderno, desenhando ou escrevendo, cada passo do experimento imaginado.

Figura 12: exemplo de atividade da categoria IV (Coleção 12, 4ª série, p. 12-13).

Indo além — Fotossíntese

Você pode aproveitar esse texto para propor uma atividade que desenvolva a habilidade de experimentação. Peça aos alunos que imaginem maneiras de descobrir o que há nas folhas que permite que elas aproveitem a luz do Sol no processo de produção dos nutrientes.

É muito importante para o desenvolvimento das habilidades dos alunos que você permita e estimule a criação de experimentos a partir da discussão em pequenos grupos. Com sua ajuda, as crianças poderão selecionar os melhores experimentos e executá-los. Mesmo assim, sugerimos um experimento para demonstrar a proposta.

Figura 13: exemplo de atividade da categoria V (Coleção 2, 4ª série, p. 4 do manual do professor).

Nenhuma das atividades encontradas pôde ser classificada na categoria VI, o que já era esperado, pois atividades que demandem tamanho grau de autonomia dos estudantes,

neste nível de escolaridade, sequer são recomendadas por especialistas (como os autores de livros sobre experimentação, que abordamos no capítulo 3). Sem a orientação de um parceiro mais experiente (preferencialmente, o professor, embora o livro também possa ter esse papel) para propor uma situação problema, ou pelo menos orientar sua busca, as atividades abertas demais podem prejudicar a aprendizagem, já que os alunos poderão se sentir “perdidos” e desestimulados a prosseguir.

A Tabela 3, recuperando as informações já apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, apresenta o número de propostas de atividades encontradas em cada um dos conjuntos de coleções (aprovadas e excluídas no PNLD/2007). O primeiro dado que chama a atenção é a grande diferença entre o número de propostas de cada conjunto: nas aprovadas, a média de propostas por coleção é quase o dobro (1,72 vezes ou 172%) desta média para o conjunto das excluídas. No entanto, ambos os valores podem ser considerados baixos, já que mesmo a média de propostas em coleções aprovadas – lembrando que cada coleção é formada por *quatro* livros – não passa de 3,8 propostas/livro (15,17 propostas/4 livros).

Tabela 3: número de propostas de atividades encontradas em cada um dos conjuntos de coleções.

<i>valor</i>	<i>Aprovadas</i>	<i>Excluídas</i>	<i>total</i>
Número de propostas	182	221	403
Número de coleções	12	25	37
Média (propostas por coleção)	15,17	8,84	10,89

A grande diferença entre as médias de propostas por coleção, considerando os dois conjuntos de livros, pode ser relacionada à própria avaliação do PNLD. Duas situações distintas podem ter ocorrido, quando da avaliação das obras pela comissão de especialistas: ou a presença de propostas de atividades experimentais pode ter sido um critério de grande relevância nas análises; ou os livros didáticos de melhor qualidade, se adequando a todo o conjunto de requisitos necessários para serem assim julgados, naturalmente são aqueles que dão maior atenção à experimentação. Ainda não temos informações suficientes para escolher qualquer destas hipóteses como a mais realista.

A Tabela 4 apresenta a distribuição das propostas conforme sua classificação entre as categorias do quadro de Pella, também separadas entre as coleções aprovadas e excluídas no PNLD/2007. Os valores relativos, em cada categoria, são o quociente entre o número de propostas da categoria e o número de propostas do conjunto (coleções aprovadas ou excluídas).

Tabela 4: distribuição das propostas de atividades conforme as categorias de Pella, quanto aos graus de participação do estudante.

<i>conjunto</i>	<i>valor</i>	<i>número de atividades por categoria de Pella</i>					<i>total</i>
		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	
Aprovadas	Absoluto	22	47	105	6	2	182
	Relativo (%)	12,09	25,82	57,69	3,30	1,10	100
Excluídas	Absoluto	25	45	149	0	2	221
	Relativo (%)	11,31	20,36	67,42	0,00	0,90	100

É interessante notar que as diferenças entre os dois conjuntos quanto ao número absoluto de propostas praticamente desaparecem quando se considera a distribuição relativa entre as categorias de Pella (conforme se apreende pela representação gráfica destes valores – Figura 14). Nos dois conjuntos há quase o mesmo percentual de atividades de demonstração (categoria I), as atividades da categoria II ocorrendo com o dobro desta frequência. Há um percentual ligeiramente maior de atividades da categoria II no conjunto das coleções aprovadas, o inverso ocorrendo com a categoria III, em que estão classificadas mais da metade das propostas nos dois conjuntos, sendo a categoria predominante. O número de atividades das categorias IV e V é praticamente nulo, em relação às atividades das outras categorias. No entanto, são estas atividades que indicam alguma distinção entre os dois conjuntos: examinando sua presença relativa nas coleções (Figura 15) vê-se que as atividades da categoria V são aproximadamente duas vezes mais frequentes no conjunto das obras aprovadas no PNLD, não havendo atividades da categoria IV no conjunto das obras excluídas.

Figura 14: gráfico dos percentuais de propostas de atividades em cada categoria de Pella, para os conjuntos de coleções.

Figura 15: gráfico do número médio de propostas das categorias IV e V de Pella para os conjuntos de coleções.

Por um lado, é algo confortante saber que as atividades mais interessantes, à luz das atuais discussões na Educação em Ciências, estejam mais concentradas no conjunto de livros que realmente terão condições de estarem presentes nas salas de aula. Por outro, causa preocupação que tais atividades constituam apenas uma pequena fração do total de propostas dos livros que envolvem transformações químicas: das 182 atividades das coleções aprovadas, apenas oito (4,4%) pertencem às categorias IV e V.

Outro dado a acrescentar é que estas oito propostas aparecem concentradas em cinco das 12 coleções aprovadas, havendo uma coleção com duas destas atividades e outra com três. Destas três, uma das propostas aparece somente no manual do professor do volume em questão. Isto pode se constituir em um obstáculo para uma possível aula envolvendo tal atividade com atributos de investigação científica, já que não haverá a reivindicação dos alunos incentivando ou cobrando sua realização. No entanto, não podemos subestimar a figura do docente, que é quem, em última análise, deverá verificar se a atividade poderá ser realmente proveitosa para a aprendizagem dos alunos sem que comprometa seu plano de aula. Assim, acreditamos que as propostas exclusivas dos manuais do professor dos livros didáticos acabam por reforçar a importância do docente, que detém a responsabilidade de tomar decisões conscientes visando ao melhor aproveitamento de seu trabalho e da atividade dos alunos.

Podemos observar também como as propostas categorizadas se distribuem ao longo das quatro séries iniciais do ensino fundamental. Na Tabela 5 apresentamos a distribuição geral entre as quatro séries para cada conjunto de coleções. Na Tabela 6 apresentamos uma distribuição semelhante, mas considerando valores relativos: a média de propostas em cada

volume das quatro séries, para os dois conjuntos de coleções, além da razão entre esta média para as coleções aprovadas e excluídas – dados representados no gráfico da Figura 16.

Tabela 5: distribuição das propostas de atividades entre as séries, para cada conjunto de coleções.

conjunto	número de atividades por série				número total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
Aprovadas	37	45	61	39	182
Excluídas	46	58	79	38	221
total	83	103	140	77	403

Tabela 6: distribuição do número médio de propostas por volume de cada série e razões entre as médias para os volumes aprovados e excluídos.

	série			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Aprovadas	3,08	3,75	5,08	3,25
Excluídas	1,84	2,32	3,16	1,52
razão	1,68	1,62	1,61	2,14

Figura 16: gráfico do número médio de propostas por volume de cada série e das razões entre as médias para os volumes aprovados e excluídos.

Conforme mostra a Figura 16, tanto para o conjunto das coleções aprovadas quanto para o das excluídas, nos volumes da 3ª série é que se registra uma média maior de atividades envolvendo transformações químicas. Esta média cresce da 1ª à 3ª série, caindo na 4ª para valores pouco menores que os da 2ª série, mas discutiremos este fato na próxima seção. As razões entre as médias das coleções aprovadas e das excluídas permanecem em torno de 1,6, embora para os volumes da 4ª série este valor salte para 2,1, o que indica que é neste nível que o total das coleções aprovadas se distingue das excluídas de modo mais perceptível, quanto ao número de sugestões de atividades envolvendo transformações químicas.

A Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam as distribuições, entre os volumes de cada série, das atividades conforme foram categorizadas no quadro de Pella, respectivamente para o conjunto das coleções aprovadas e para o das excluídas. Estes dados estão representados nos gráficos da Figura 17 e da Figura 18.

Tabela 7: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções aprovadas.

<i>categoria de Pella</i>	<i>número de atividades por série</i>				total
	<i>1^a</i>	<i>2^a</i>	<i>3^a</i>	<i>4^a</i>	
I	4	5	8	5	22
II	9	8	18	12	47
III	23	31	32	19	105
IV	1	0	3	2	6
V	0	1	0	1	2
total	37	45	61	39	182

Tabela 8: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções excluídas.

<i>categoria de Pella</i>	<i>número de atividades por série</i>				total
	<i>1^a</i>	<i>2^a</i>	<i>3^a</i>	<i>4^a</i>	
I	3	4	11	7	25
II	7	10	18	10	45
III	36	45	49	19	149
IV	0	0	0	0	0
V	0	0	1	1	2
total	46	59	79	37	221

Figura 17: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções aprovadas.

Figura 18: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de Pella, para o conjunto das coleções excluídas.

Os dados apresentados na Tabela 7 e na Tabela 8, representados na Figura 17 e na Figura 18, indicam que os dois conjuntos de atividades propostas – o das coleções aprovadas e o das excluídas do PNLD/2007 – se assemelham, quanto à distribuição das categorias de Pella entre as séries. É na 3ª série em que mais atividades com transformações químicas são propostas, mantendo-se o padrão de um predomínio de atividades da categoria III, seguida pela categoria II (proporcionalmente mais presente nas coleções aprovadas) e pela categoria I.

Para comparar com maior detalhamento os dois conjuntos de livros didáticos, quanto à distribuição das atividades de cada um dos quatro volumes entre as categorias de Pella, apresentamos os dados reunidos na Tabela 9: o número médio de atividades de cada categoria nos dois conjuntos de coleções, considerando sua distribuição entre os volumes das quatro séries. Estes dados estão representados nos gráficos da Figura 19 e da Figura 20.

Tabela 9: média de atividades de cada categoria de Pella por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries. Ap: aprovadas; Ex: excluídas.

Série	Conjunto	média de atividades de cada categoria de Pella por coleção				
		I	II	III	IV	V
1ª	Ap	0,33	0,75	1,92	0,08	0,00
	Ex	0,12	0,28	1,44	0,00	0,00
2ª	Ap	0,42	0,67	2,58	0,00	0,08
	Ex	0,16	0,40	1,80	0,00	0,00
3ª	Ap	0,67	1,50	2,67	0,25	0,00
	Ex	0,44	0,72	1,96	0,00	0,04
4ª	Ap	0,42	1,00	1,58	0,17	0,08
	Ex	0,28	0,40	0,76	0,00	0,04

Figura 19: gráfico do número médio de atividades de cada categoria de Pella por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries. Ap: aprovadas; Ex: excluídas.

Figura 20: gráfico do percentual de ocorrência de atividades de cada categoria de Pella sobre o total de atividades de cada uma das quatro séries, nos conjuntos das coleções aprovadas e excluídas. Ap: aprovadas; Ex: excluídas.

Examinando a Figura 19 e a Figura 20, percebe-se que o que distingue o conjunto das aprovadas do das excluídas, além de uma média maior de atividades por volumes, é a presença das categorias IV e V desde o primeiro ciclo (1ª e 2ª séries) do ensino fundamental – nas excluídas, estas categorias mais altas só ocorrem no segundo ciclo (3ª e 4ª séries). As coleções excluídas, ainda, apresentam quase sempre um menor equilíbrio entre propostas das diversas categorias, havendo em todas as séries um predomínio das atividades da categoria III. No conjunto das aprovadas, este predomínio é menor (chega a desaparecer nos volumes para a

4ª série), aparentando haver uma convivência maior destas atividades com as das categorias II, IV e V. Ainda, nota-se que as demonstrações experimentais (categoria I) permanecem restritas, no conjunto das coleções aprovadas, ao intervalo de 10-15% das propostas de experimentos, em todas as séries. No conjunto das excluídas, a proporção destas atividades praticamente dobra da 2ª para a 3ª série (de 6,8% a 13,9%), chegando a constituir cerca de um quinto (18,9%) das propostas para a 4ª série.

Estes dados podem indicar que as obras excluídas do guia do PNLD/2007 possuem a característica de não incentivar a autonomia dos estudantes num grau comparável ao que é feito nas coleções aprovadas, considerando-se as propostas de atividades com transformações químicas. Além de apresentarem um número praticamente duas vezes menor destas propostas, em todos os volumes, os autores não sugerem o trabalho com situações que demandem criatividade e maior autonomia dos alunos já no início do ensino fundamental. Nas raras vezes em que apresentam propostas com estas características, o fazem nos anos finais desta etapa, talvez por acreditarem que somente então é que atividades assim poderão ser trabalhadas com sucesso, supondo um maior controle psicomotor e mental dos pupilos. Especialmente para os volumes destinados à 4ª série, fica a impressão de que as coleções excluídas poderiam, em vez de reservar quase 20% de suas atividades às demonstrações experimentais, distribuir este percentual de forma mais equilibrada entre atividades das categorias IV e V, como ocorre no conjunto das coleções aprovadas.

Achamos interessante mostrar de que forma os próprios livros didáticos – do conjunto aprovado pela avaliação do MEC – desfazem a crença de que atividades com caráter mais investigativo devam ocorrer só a partir do segundo ciclo do ensino fundamental, apresentando as atividades das categorias de Pella mais altas que aparecem em volumes do primeiro ciclo. Assim, apresentamos na Figura 21 e na Figura 22 a atividade da categoria V proposta em um volume para a 2ª série; e na Figura 23 a atividade da categoria IV proposta em um volume para a 1ª série.

5 Seu professor pede que você faça uma atividade prática para investigar o tempo de decomposição de dois tipos de material: papel e casca de frutas.

- Registre em seu caderno como você faria essa atividade, passo a passo.
- Identifique os materiais de que você precisaria para realizar essa atividade.

Figura 21: atividade da categoria V proposta em um volume para a 2ª série (Coleção 7, 2ª série, p. 29).

Investigar O TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE DIFERENTES MATERIAIS

■ **Por que você vai fazer:** para comparar o tempo de decomposição de diferentes materiais.

■ **Materiais:** Cada grupo deverá trazer: casca de uma banana; uma folha de papel de rascunho; um pedaço de papelão; três recipientes plásticos transparentes; tesoura de ponta arredondada; um pouco de terra.

■ **Como você vai fazer:**

1. Usar como recipientes 3 garrafas pet de 2 litros, vazias. Peça para um adulto cortar o gargalo das garrafas, de modo que fiquem como “copos”.
2. Colocar a casca de banana, a folha de papel e o papelão no fundo de cada um dos recipientes, de modo que eles fiquem parcialmente visíveis, mesmo depois de enterrados; em seguida, cobri-los com terra.
3. Numerar os recipientes assim: 1 (casca de banana), 2 (papel) e 3 (papelão). Guardá-los em um lugar seguro, seco e à sombra.
4. Uma vez por semana, os integrantes do grupo devem observar o conteúdo dos recipientes e anotar, em uma ficha, as modificações observadas nos materiais enterrados. Não colocar as mãos diretamente sobre os materiais e, sempre depois de manipular os recipientes, lavar as mãos.

7 Responda em seu caderno.

- Todos os materiais foram inteiramente decompostos?
- Cite outro material que certamente demoraria mais para se decompor do que o papelão, mantendo as mesmas condições da atividade acima.
- Após realizar esta atividade prática, compare-a com a atividade 5 da página 29. Que diferenças você encontrou entre o modo de fazer cada atividade?

Figura 22: atividade da categoria V proposta em um volume para a 2ª série (Coleção 7, 2ª série, p. 31) (continuação da Figura 19).

A atividade reproduzida na Figura 21, se analisada isoladamente, talvez nem chegue a constituir uma proposta de experimentação, pois apenas solicita aos alunos que pensem em como realizariam um experimento para investigar o fenômeno da decomposição da matéria orgânica. Do modo como é proposta, não há indicações de que os autores do livro desejem que a atividade realmente seja posta em prática. No entanto, observando mais atentamente o conjunto de atividades trabalhados neste momento do livro, percebemos que duas páginas adiante o experimento sobre a decomposição é deliberadamente proposto (Figura 22). Ao final da atividade, é solicitado aos alunos que comparem esta proposta do livro com a proposta que eles mesmos teriam elaborado na atividade anterior. Ao que parece, os autores adotam a mesma estratégia presente na proposta da categoria V reproduzida na Figura 13, ou seja, propõem um experimento investigativo cuja realização depende do esforço dos alunos e de seu engajamento em uma atividade intelectual criadora, que, caso não tenha resultados,

pode ser complementada por uma abordagem mais crítica de um experimento alternativo proposto pelo próprio livro.

Atividade 2

A esta altura do ano, você já sabe que os seres vivos dependem dos elementos do ambiente. Isso quer dizer que a luz, o calor, a água, o ar, o solo e os próprios seres vivos são fundamentais para a manutenção da vida.

Nesta atividade, você vai verificar a ação de alguns desses elementos na **germinação** das sementes.

Não é possível comprovar a importância de todos os elementos do ambiente ao mesmo tempo, então vamos escolher um dos elementos e testá-lo.

Veja como pode ser verificada a ação da água na germinação da semente de feijão.

Material necessário:

- dez sementes de feijão;
- algodão;
- água;
- dois copos descartáveis.

Coloque no fundo dos dois copos um chumaço de algodão. **Umedeça** o algodão de um dos copos. Coloque sobre o algodão de cada copo cinco sementes de feijão.

Os dois copos devem ser mantidos na temperatura ambiente.

Observe-os diariamente para ver quantas sementes germinaram em cada caso — com água e sem água. Anote diariamente o número de sementes que germinaram. Além disso, observe todas as características das plantinhas que estiverem nascendo e escreva-as no caderno.

Ficha de observação

Tratamento das sementes	Número de sementes que germinaram no:								
	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia
com água									
sem água									

Agora, vocês podem escolher um outro elemento do ambiente. Montem um experimento para verificar a ação desse elemento na germinação das sementes.

Figura 23: atividade da categoria IV proposta em um volume para a 1ª série (Coleção 2, 1ª série, p. 137-138).

Quanto à atividade reproduzida na Figura 23, observamos que se trata do experimento clássico sobre a germinação de sementes de feijão. No entanto, esta proposta se diferencia das que normalmente ocorrem nos livros por enfatizar a importância do controle de variáveis e por incentivar que os alunos “montem um experimento” para comprovar uma hipótese já formulada (a de que elementos como a luz e o calor também poderiam influenciar na germinação das sementes). A nosso ver, esta proposta é adequada, pois já em um primeiro momento de contato com o conhecimento científico (a 1ª série), incentiva a criatividade e o pensamento lógico dos alunos. Ainda, acreditamos que a tarefa solicitada – planejamento de

um experimento –, neste caso, está ao alcance das capacidades dos alunos e, embora não haja recomendação explícita dos autores, seria desejável o emprego do trabalho em grupo como dinamizador de interações sociais entre sujeitos cujas experiências prévias com o tema abordado possam não ser coincidentes.

Gostaríamos de comparar nossos dados com os da pesquisa de Pena (2000). No quadro que apresenta à página 83 de sua dissertação, a autora quantifica as atividades experimentais que analisou quanto ao atendimento das etapas consideradas por Pella (elaboração do problema, formulação de hipóteses, elaboração do plano de trabalho, montagem dos instrumentos, obtenção de dados e formulação de conclusões). Na Tabela 10, colocamos lado a lado nossos dados com os dados da autora. Na Figura 24, representamos estas informações através de um gráfico.

Tabela 10: comparação entre os resultados deste trabalho e os de Pena (2000), quanto aos percentuais de propostas de atividades analisadas que atendem às etapas do quadro de Pella.

conjunto	número de atividades	percentual de atividades que atendem à etapa					
		elaboração do problema	formulação de hipóteses	plano de trabalho	montagem dos instrumentos	obtenção dos dados	formulação das conclusões
Aprovadas	110	0,00	1,01	3,53	78,13	82,67	58,47
Excluídas	122	0,00	0,74	0,74	72,69	74,92	58,60
Pena (2000)	80	1,25	1,25	96,25	93,75	76,25	63,75

Figura 24: gráfico comparativo entre os resultados deste trabalho e os de Pena (2000), quanto aos percentuais de propostas de atividades analisadas que atendem às etapas do quadro de Pella.

Como se observa na Figura 24, há certa convergência entre nossos resultados, para os conjuntos das coleções avaliadas no PNLD/2007, e aqueles encontradas por Pena, que avaliou todas as propostas de atividades ditas experimentais (e não só aquelas que envolvessem transformações químicas, como é o nosso caso) de duas coleções didáticas de Ciências de 1ª a 4ª séries, ambas aprovadas no PNLD/1998. Os três conjuntos – as coleções aprovadas, as excluídas e as analisadas por Pena – se caracterizam por um grande número de propostas que permitem a montagem de instrumentos e coleta de dados pelos alunos. No entanto, não mais que 64% de todas estas atividades permitem que o próprio aluno formule uma conclusão a respeito do fenômeno que estudou. Etapas mais características de verdadeiras investigações científicas – a elaboração de problemas e a formulação de hipóteses – estão pouquíssimo contempladas pelos três coletivos de atividades.

Só causa-nos certo estranhamento o alto percentual de trabalhos avaliados por Pena que permitem que os alunos planejem os experimentos que irão realizar. Esta etapa, que também consideramos desejável para que uma proposta de atividade incentive a autonomia e o pensamento reflexivo dos estudantes, quase não é contemplada pelas propostas que detectamos e avaliamos. Não atribuímos esta diferença entre os resultados a uma intensa reformulação que porventura os livros tenham sofrido nos aproximadamente dez anos que separam o cenário de nosso estudo daquele do estudo de Pena. Também não achamos possível que tal diferença se deva ao fato de nossa amostra de coleções didáticas ser muito mais ampla, enquanto que o trabalho de Pena pode ser considerado um estudo de caso, por envolver apenas duas coleções. Acreditamos que esta diferença possa decorrer de diferentes entendimentos que os autores (nós e Pena) tenham a respeito do que seria a etapa de planejamento dos experimentos. Também é possível que, por abarcar uma diversidade maior de atividades (e não somente as que envolvam transformações químicas), o trabalho de Pena tenha detectado um grande número de propostas a respeito de outros campos disciplinares das ciências que se caracterizam por incentivar fortemente a etapa de planejamento dos experimentos pelos alunos.

Nossos resultados também são comparáveis aos obtidos por Theodoro, Oliveira e Ferreira (2008), que também investigaram as atividades experimentais “de Química” presentes nos livros das séries iniciais do ensino fundamental, trabalhando com o conjunto das coleções aprovadas no PNLD/2007. Apesar de alguma discrepância entre o número de atividades consideradas no presente trabalho e o número de atividades detectadas no levantamento realizado por estes autores (provavelmente decorrente de diferentes critérios

levados em consideração para o reconhecimento de atividades que envolvessem a Química), os resultados são semelhantes. Afirmam que

A análise aponta que, para o conjunto das obras, a proposição de experimentos segue a tendência tradicional. Isto pode ser facilmente observado pela forma como são desenvolvidos os roteiros para a realização das atividades experimentais. Em todos os casos é possível afirmar que o objetivo principal é o de desenvolver a capacidade de observar, sendo que para poucos casos o(s) autor(es) manifesta também a preocupação com o desenvolvimento de outras habilidades, tais como a manipulação de variáveis, *testagem de hipóteses*, *proposição de procedimentos experimentais*, entre outras (1 v., grifo nosso).

Consideremos agora as coleções individualmente, restringindo-nos ao conjunto das aprovadas no PNLD/2007. Observa-se na Tabela 1 que as de número 1, 2, 4, 7, 9 e 12 se destacam das demais por três motivos: apresentam um número de propostas superior à média de seu conjunto; sugerem atividades para todas as quatro séries (o que não ocorre com as coleções 5 e 8); e incluem a maior parte dos livros com atividades das categorias IV e V (caso das coleções 2, 7, 9 e 12). Será interessante verificar se as considerações do guia do PNLD/2007 (BRASIL, 2006), sobre o modo como a experimentação (de um modo geral) é tratada pelos livros resenhados, de alguma forma refletem os resultados que encontramos. Encerraremos esta seção com esta última comparação, observando estas coleções que se destacaram em nossa análise.

Conforme o guia (p. 36, grifo nosso), na coleção 1

As atividades experimentais propostas [...] são simples, e, via de regra, estimulam a curiosidade dos alunos. No entanto, muitas vezes *perdem-se oportunidades para o registro de uma discussão mais aprofundada ou interpretação dos resultados*. Os experimentos demandam, geralmente, materiais de fácil obtenção, sem necessidade de aparelhos e instrumentos dispendiosos. [...] Os autores não antecipam resultados dos experimentos, mas questões orientadoras que favorecem o aluno a chegar a eles.

De acordo com estes comentários, acreditamos que o subconjunto de propostas desta coleção que envolvem transformações químicas é representativo do conjunto mais amplo de todas suas atividades de experimentação. A perda de oportunidades para discussões mais aprofundadas sobre as atividades, a que o guia se refere, é constatada por nós pelo grande número de atividades da categoria II nesta coleção (sete das 17 propostas), como o exemplo das Figuras 5 e 6. Na maior parte das atividades, as descrições e explicações dos fenômenos a serem observados e de seus possíveis resultados já são oferecidos pelos autores no bojo das propostas, através dos próprios títulos dos experimentos, em proposições iniciais nos cabeçalhos (Figura 25) ou logo após a exposição do roteiro experimental. Como o guia

afirma, os experimentos são fáceis de se executar e interessantes aos alunos, sendo lamentável que a coleção restrinja a totalidade destas propostas ao incentivo, no máximo, das capacidades de observação, coleta de dados e, poucas vezes, formulação de conclusões.

Atividade de observação

Os diferentes ciclos que ocorrem na natureza promovem uma contínua reciclagem da matéria, dos nutrientes.

Essa reciclagem depende de vários fatores. Entre eles a composição dos materiais, a temperatura, a umidade e o tipo de decompositores. Nesta atividade, você observará a decomposição de diferentes materiais.

O que usar:

- terra
- estacas e etiquetas plásticas
- cascas de frutas
- papel
- gordura, sebo
- ossos de frango ou de boi
- plástico
- vidro
- vasos ou potes de plástico
- cascas de ovos

Figura 25: exemplo de atividade da categoria II, da coleção 1 (3ª série, p. 145), com possíveis proposições explicativas do fenômeno a ser estudado antecipadas no cabeçalho da proposta.

Em relação à coleção 1, o perfil da coleção 2 é bem distinto. O guia do PNLD (p. 41, grifos nossos) afirma que

A coleção propõe a utilização de procedimentos científicos em todos os volumes, estimulando a elaboração de hipóteses e a coleta, sistematização e tabulação de dados. Os experimentos são factíveis, e, se bem conduzidos, contribuirão para o desenvolvimento de habilidades e competências no aluno. *A coleção dedica, no volume 3, especial atenção à realização de experimentos de caráter investigativo*, destacando a diferença entre o método científico usado como guia dos experimentos e a metodologia para o ensino de Ciências. [...] *O livro não garante que as conclusões dos alunos sejam corretas*, o que cria oportunidade para a realização de debates sobre o experimento realizado.

Confirmamos quase que completamente esta descrição com nossos resultados. De fato, somente nesta coleção pudemos encontrar uma atividade da categoria IV (Figura 23) e outra da categoria V (Figura 13) num mesmo volume. Além disso, fora estas atividades de caráter mais investigativo e algumas poucas propostas de demonstrações, há um predomínio da categoria III que, como vimos, pelo menos abre espaço para que os alunos atribuam explicações, corretas ou não, aos fenômenos presenciados nas atividades. Este processo é importante, já que levará ao confronto entre os conhecimentos prévios do educando e o conhecimento científico, cuja sistematização para a classe é trabalho do professor. No entanto,

para o conjunto das atividades desta coleção que estudamos, acreditamos que os autores poderiam ter proposto um número maior de atividades das categorias IV e V, realizando apenas pequenas alterações na forma como encaminham propostas das categorias III. Por exemplo, nas páginas 18 e 19 do volume da 4ª série, é feita a seguinte proposta:

Agora você vai fazer um experimento para conhecer a importância da geladeira. Prepare dois sacos plásticos com um pouco de água em cada um. Dentro de cada saco, coloque um pedaço de pão. Feche-os. Ponha um deles dentro da geladeira e o outro à temperatura ambiente. Depois de aproximadamente 4 dias, observe os dois sacos. Que diferenças você encontrou?

Acreditamos que o livro poderia, neste momento, ter deixado ao menos o planejamento do experimento a cargo dos alunos, sob orientação do professor. Trata-se de uma atividade envolvendo o controle de uma variável (a temperatura), procedimento que deveria ser mais incentivado principalmente neste segundo ciclo das séries iniciais do ensino fundamental. Espera-se que, ao entrar no período da adolescência, o aluno se torne progressivamente mais capaz de aplicar um pensamento combinatório e hipotético-dedutivo aos problemas com que se defronta. No entanto, a formação de estruturas cognitivas que levarão ao pleno domínio desta capacidade já pode ser disparada através de exercícios mais simples em um período anterior.

À coleção 4, reserva-se o seguinte comentário do guia do PNLD (p. 50):

As atividades experimentais propostas nesta coleção são simples e interessantes, instigando a curiosidade dos alunos e a iniciação à educação científica. Estimulam também a independência, por apresentar grande parte dos experimentos sem necessidade da ajuda de adultos.

Demandam, em geral, materiais de fácil obtenção, sem necessidade de aparelhos e instrumentos dispendiosos [...]. As autoras não antecipam resultados dos experimentos, mas questões orientadoras que favorecem o aluno a chegar a ele. A experimentação não é atividade exclusiva, o que permite ao aluno não construir a idéia errônea de que a experimentação é a única estratégia do trabalho científico.

Também verificamos que esta coleção traz atividades simples e interessantes, chamando nossa atenção o grande número de propostas (27 no total), sendo muitas delas pouco convencionais, em relação ao que vimos em todas as coleções analisadas. No entanto, apesar do guia ressaltar as qualidades de suas propostas, encontramos nestes livros as mesmas dificuldades da maioria das outras coleções: o grande predomínio de atividades da categoria III (23 das 27 propostas). Novamente, julgamos que não seria difícil que as autoras, através de pequenas adaptações nos enunciados de algumas destas atividades (não todas), incentivassem a participação dos estudantes em etapas mais intelectualmente desafiadoras que a

observação/coleta de dados e a formulação de conclusões. Por exemplo, na atividade reproduzida parcialmente na Figura 26, ao menos o planejamento do experimento poderia ser transferido aos alunos, que neste nível (3ª série) muito provavelmente o fariam com sucesso, desde que recebessem algumas informações mínimas do livro (por exemplo, uma sugestão de alguns dos materiais a serem utilizados) e desde que devidamente orientados pelo professor.

Figura 26: reprodução parcial de proposta da categoria III, da coleção 4 (3ª série, p. 104).

As propostas de experimentação da coleção 7 são assim comentadas pelo guia (p. 65):

A coleção apresenta poucos experimentos e atividades de demonstração, normalmente pouco relacionadas com situações problematizadoras. Em outros momentos, a atividade é apresentada na forma de um roteiro muito bem definido, dificultando o questionamento pelos alunos. A experimentação é utilizada principalmente para a comprovação dos conhecimentos que estão sendo tratados. Muitas dessas atividades são de observação dirigida [...] ou mesmo de análise de situações práticas descritas no livro texto. No entanto, as atividades propostas incentivam os trabalhos coletivos e cooperativos.

No início de cada unidade, são propostas atividades que exigem dos alunos manifestações individuais que evidenciem seus conhecimentos prévios. O professor pode enriquecer as atividades experimentais por meio de outras propostas nos livros, que permitem encaminhamentos que estimulam a proposição de hipóteses, observações, compartilhamento de opiniões, análise dos dados, pesquisa, registros, comparações e reflexões.

Conforme nossa análise, esta coleção apresenta o segundo maior número de propostas envolvendo transformações químicas (23), só perdendo para a coleção 4. Diferentemente do que afirma o guia, foi nesta coleção que encontramos o maior número de propostas de

demonstrações experimentais (sete ao todo). Predominam as atividades da categoria III, embora haja uma atividade da categoria V em um volume para a 2ª série, conforme já ilustrado na Figura 21 e na Figura 22. Das sete atividades de demonstração propostas, três ocorrem no volume para a 3ª série, o que a princípio poderia não parecer adequado, já que no segundo ciclo do ensino fundamental os alunos estariam mais bem preparados para executarem eles mesmos seus experimentos. No entanto, não podemos nos esquecer que, muitas vezes, a possibilidade de manipular instrumentos e materiais não garante envolvimento intelectual com a atividade, podendo ocorrer de modo mecânico e irrefletido. Dessa forma, caso o interesse do ensino esteja voltado para a participação do estudante na construção de uma explicação científica para um dado fenômeno, pode ser preferível o emprego de uma atividade demonstrativa que abra espaço para as conclusões e explicações dos alunos – como acontece com duas das atividades da categoria I propostas no volume da 3ª série da coleção 7 – a uma atividade em que esta participação esteja tolhida.

Sobre as atividades de experimentação da coleção 9, diz o guia (p. 74-75) que

são propostas como busca de informações para a comprovação de fenômenos ou teste da influência de variáveis. Estimulam a formulação de hipóteses, a manipulação de materiais pelos alunos, a discussão de idéias entre os alunos e o registro de conclusões [...], mas não propõem suficientemente o debate de idéias entre o professor e a classe. [...] Os experimentos são factíveis, com resultados confiáveis. [...] Há, relativamente, poucas atividades investigativas propostas, o que é compensado, em parte, por questionamentos que tentam levantar as idéias prévias dos alunos. Ainda assim, tais questões muitas vezes têm respostas induzidas, com pouco espaço para a diversidade de interpretações e debates subseqüentes. As atividades experimentais nas três primeiras séries são simples, mas bem abordadas e interligadas a diversos questionamentos e aos conteúdos apresentados nos textos. As sugestões adicionais apresentadas no Manual do Professor consideram as idéias prévias, porém poderiam apresentar complexidade crescente conforme o nível cognitivo dos alunos. Algumas experiências do livro da 4ª série poderiam ser mais bem exploradas, direcionando ao registro de resultados em tabelas e gráficos.

Novamente, o guia se queixa de que as atividades desta coleção poderiam ser melhor aproveitadas caso houvesse mais espaço para a participação dos estudantes, seja mobilizando seus conhecimentos prévios, seja estabelecendo relações entre o conteúdo abordado no livro e o fato presenciado no experimento. Nossa análise apontou para o mesmo, observando um predomínio de atividades da categoria III nesta coleção (13 de 18 propostas), havendo apenas uma atividade da categoria IV e nenhuma da categoria V. Esta atividade da categoria IV é proposta da seguinte maneira (3ª série, p. 84):

Vitor tem uma planta na sala de sua casa. Ele percebeu que ela estava crescendo em direção à janela onde havia incidência direta de luz solar.

- a) Em sua opinião, por que isso acontece?
- b) Formem grupos e criem uma atividade experimental que represente essa situação. Anotem no caderno as conclusões a que vocês chegarem com a atividade que vocês criarem.

Como em outros casos que já mencionamos, o manual do professor disponibiliza ao docente uma sugestão de atividade que pode ser posta em prática na situação exigida no item b do fragmento reproduzido acima, caso os alunos não consigam realizá-la. Este exemplo mostra como a atividade da coleção 4 reproduzida na Figura 26 poderia ser encaminhada de modo a envolver a criatividade, o trabalho coletivo e um raciocínio mais elaborado dos alunos. Notamos que, pelas qualidades da coleção 4 e da coleção 9, seus autores teriam condições de sugerir mais atividades como as do exemplo acima, mas infelizmente perdem estas oportunidades ao darem uma ênfase exagerada às comprovações e verificações experimentais.

Finalmente, consta no guia (p. 90) o seguinte comentário sobre as atividades experimentais propostas na coleção 12:

A coleção apresenta uma grande quantidade de experimentos, especialmente nos livros da 2ª e 3ª séries. Os experimentos são de baixo custo e podem ser executados com facilidade em qualquer escola. [...] De maneira geral, os experimentos visam o desenvolvimento da habilidade em observar um fenômeno e de realizar simulações de eventos naturais. Poucos valorizam a coleta de dados e nenhum solicita que os alunos construam gráficos. No entanto, o professor poderá modificar, quando julgar conveniente, a atividade experimental de maneira a introduzir a manipulação de variáveis, a transformação de uma simulação em processo investigativo [...] ou a simples busca de respostas para uma questão problematizadora. É importante também relacionar sempre a atividade experimental com outras atividades, conforme propostas nas diversas seções, e com o tema principal da unidade para que ela seja entendida como parte do processo de construção de novos conceitos.

Novamente, o guia ressalta as limitações das atividades propostas pela coleção e enfatiza o papel do docente como principal agente que poderá iniciar um movimento de superação destes problemas – comentário que pode ser estendido a todas as outras coleções que avaliamos. Sobre a distribuição das atividades da coleção 12 entre as categorias de Pella, observamos uma presença relativamente acentuada da categoria II (seis das 17 propostas), apesar desta coleção apresentar uma atividade da categoria IV no volume da 4ª série (já reproduzida na Figura 12). A propósito, outro comentário a ser feito é que os autores parecem se apegar *rigorosamente* à crença de que atividades que garantam maior liberdade de ação aos alunos devem ser propostas à medida que as séries avançam: experimentos da categoria I aparecem somente no primeiro ciclo; as categorias II e III aparecem distribuídas entre a 2ª, a 3ª e a 4ª série, embora estejam algo concentradas na 2ª e na 3ª; e o único experimento da categoria IV é proposto no ano final do segundo ciclo. Como dissemos nos comentários

anteriores, nada proíbe que as demonstrações experimentais também sejam trabalhadas em níveis mais avançados de desenvolvimento dos alunos, do mesmo modo que atividades mais complexas já podem ser incluídas, ainda que com moderação, no início da escolaridade.

5.2 CONTRIBUIÇÕES DAS ATIVIDADES AO ENSINO DE QUÍMICA

Analizamos, na seção anterior, o grau de participação exigido dos estudantes em todas as atividades envolvendo transformações químicas encontradas nos livros de Ciências avaliados no PNLD/2007.

No entanto, é possível perceber que nem sempre estas atividades parecem estar relacionadas ao ensino da ciência química propriamente dita – uma rápida conferida nos exemplos que utilizamos para ilustrar o processo de categorização realizado torna isto evidente. Embora sempre envolvam e necessitem de transformações químicas, grande parte destas atividades se relaciona ao estudo de conteúdos de ciências que normalmente são abordados em outras disciplinas. Em outras palavras, a Química sempre está presente nestas propostas de experimentos, mas as transformações químicas envolvidas não necessariamente são caracterizadas como tais. Muitas vezes, sua importância nem é destacada pelo livro.

Desejando saber, portanto, até que ponto estas atividades seriam representativas do ensino – abordado pelo recorte de suas atividades experimentais – de Química nas séries iniciais do ensino fundamental, realizamos o estudo apresentado nesta seção.

5.2.1 Sistema de categorias e classificação

Ao contrário da investigação quanto ao grau de participação exigido dos alunos para a realização dos experimentos, este estudo emprega um sistema de categorias sistematizado especialmente para esta dissertação. O sistema teve uma construção lenta e laboriosa, pois dependeu de um conhecimento profundo de todas as atividades que encontramos nos livros, além de não ter sido proposto *a priori*. Só pudemos concluir sua construção após uma aplicação “piloto” em uma amostra bem diversificada das atividades, o que ocorreu com sucesso, permitindo-nos prosseguir.

Observando as atividades dos livros, pudemos perceber que todas poderiam ser alocadas em um (e somente um) de dois conjuntos:

- *atividades intencionalmente dirigidas ao ensino de Química*: propostas explicitamente dirigidas para o ensino de tópicos da Química, tratando os fenômenos envolvidos como interconversões de compostos (do modo como definimos as transformações químicas no capítulo 4);
- *atividades não intencionalmente ou implicitamente dirigidas ao ensino de Química*: atividades voltadas para o ensino de tópicos normalmente abordados em outras disciplinas científicas, em que a presença de transformações químicas nos fenômenos em observação não é alvo de considerações *explícitas* sobre a Química (por exemplo, envolvendo o uso de termos como *reação química, transformação química, fenômeno químico, reagentes/produtos*, etc.). Estas transformações, quando referidas, o são através de termos mais genéricos, como *transformações, transformações dos materiais, sínteses, formações, degradações, decomposições, alterações, modificações, etc.* – palavras que a nosso entender podem não deixar claro, a leigos, se os fenômenos envolvidos são de natureza física ou química.

Assim, acabamos verificando a presença de *seis* categorias de atividades, três relacionadas ao primeiro dos dois conjuntos acima e três relacionadas ao segundo. São elas:

- *Categoria A* – não intencionalmente dirigida ao ensino de Química: atividades que visam a, principalmente, *entreter* os estudantes, possuindo um caráter lúdico-recreativo. São atividades que se aproveitam do aspecto contra-intuitivo de certos fenômenos químicos (em que os resultados de uma reação – muitas vezes impressionantes, como fortes efervescências ou pronunciadas alterações de cores – não podem ser intuídos pelo simples conhecimento das características dos reagentes) para criar situações em que a atmosfera de *show* ou de *mágica* domina o ambiente. Também incluímos nesta categoria as atividades com forte apelo afetivo/emocional, envolvendo construções diversas – terrários, hortas, jardins – que apenas demandarão dos estudantes dedicação e zelo, por envolverem seres vivos que necessitarão de cuidados, além das atividades (poucas) envolvendo a construção de objetos que permanecerão sob a posse dos alunos. O que há em comum em todas estas propostas é a pouca ou nenhuma ênfase dada à relação entre estas e os conteúdos teóricos explorados pelo livro: as atividades não servem a um melhor aprendizado destes

conteúdos, apenas se valem de alguns dos conhecimentos estudados para a criação de situações que de alguma forma possam romper com a estrutura “formal” e “séria” da sala de aula ou da instituição escolar, levando a momentos de entretenimento e envolvimento emocional dos pupilos;

- *Categoria B* – não intencionalmente dirigida ao ensino de Química: atividades em que um determinado fenômeno químico é utilizado para detectar/indicar a presença/ocorrência de uma substância ou de um conjunto de substâncias em uma dada situação. O processo pelo qual o “indicador” opera não necessariamente é explicado pelo livro, já que a atividade experimental que o envolve visa somente ao ensino de tópicos relacionados às substâncias detectadas/indicadas e não ao ensino de Química;
- *Categoria C* – não intencionalmente dirigida ao ensino de Química: atividades que envolvem o estudo ou a apresentação de um determinado fenômeno natural (por exemplo, o desenvolvimento ou a germinação de vegetais, a decomposição da matéria orgânica pela atuação de microorganismos e o processo de digestão dos alimentos pelos seres humanos) sem mencionar que estes processos envolvem transformações químicas de materiais. Em geral, estas propostas estão relacionadas ao ensino do que poderíamos chamar de *princípios práticos dos fenômenos naturais*, visando à apropriação, pelos educandos, de alguns hábitos ou atitudes que permitirão que lidem de modo mais racional e eficiente com os eventos diários. Por exemplo, há atividades desta categoria que propõem o estudo da corrosão dos metais apenas para que os estudantes conheçam as condições em que este processo ocorre e, assim, buscar maneiras de evitá-lo ou inibi-lo em situações da vida prática em que sua ocorrência não for desejável. Alocamos nesta categoria também as propostas em que os fenômenos naturais explorados são caracterizados como transformações, modificações, conversões ou termos semelhantes, os quais, como citado no início desta seção, são ambíguos. Estes termos podem se referir tanto a transformações químicas como físicas, lembrando que os públicos-alvo dos livros didáticos (alunos e docentes), em teoria, não possuem uma formação em ciências suficientemente aprofundada para que sempre diferenciem de modo inequívoco estas duas classes de processos;
- *Categoria D* – intencionalmente dirigida ao ensino de Química: incluem-se aqui todas as atividades em que uma determinada transformação é provocada

justamente para fornecer um exemplo do que seria uma reação química ou um conjunto de reações;

- *Categoria E* – intencionalmente dirigida ao ensino de Química: atividades que envolvem ou se relacionam a fenômenos naturais (como a fotossíntese, a fermentação láctica e a oxidação de metais) e que tratam de incluí-los na categoria das transformações químicas, constituindo, portanto, uma abordagem mais aprofundada dos fenômenos da categoria C;
- *Categoria F* – intencionalmente dirigida ao ensino de Química: mais do que apresentar transformações químicas, estas atividades buscam estudar algumas características de tais processos, o que chamaríamos de *propriedades das reações químicas*. Estas propriedades envolvem conceitos como velocidade de reação (através de sua dependência em relação a variáveis como temperatura do meio reacional e área superficial dos reagentes envolvidos), reversibilidade/irreversibilidade e estequiometria, sendo abordadas pelos livros sempre de modo qualitativo e fenomenológico.

Percebe-se, pelo modo como definimos a proposição deste sistema de categorias, que das categorias A até F há uma tendência a um aumento da complexidade (no sentido de maior exigência cognitiva) no tratamento dos assuntos envolvidos. Se as experiências da categoria A não passam de recreações, representando a categoria B apenas um uso *instrumental* das reações químicas, a categoria C já envolve o ensino de informações respaldadas pelo conhecimento científico. A categoria D introduz exemplos de transformações químicas e a categoria E inclui diversos fenômenos, supostamente já estudados, na classe destas transformações, levando à possibilidade dos experimentos serem realizados/observados/interpretados como, de fato, reações químicas onde ocorrem interconversões de substâncias. A categoria F representa o nível máximo de abstração exigido pelos experimentos, pois apresenta propriedades mais ou menos gerais das transformações químicas.

Assim, entendemos que os livros didáticos, para abordarem de modo adequado o ensino elementar de Química através de atividades experimentais, deveriam partir das primeiras categorias (A, B e C) e, progressivamente, ao longo das séries, incluírem as categorias que envolvessem uma abordagem explícita dos fenômenos químicos, com toda a demanda psicológica por um raciocínio mais abstrato que tais categorias exigiriam. Não esperaríamos encontrar, portanto, grande presença das categorias D e E no primeiro ciclo do ensino fundamental, estando a categoria F certamente restrita aos anos do segundo ciclo.

Cabe agora apresentar exemplos de propostas de cada uma das categorias, como fizemos na seção passada, e quantificar a ocorrência dos mesmos.

Iniciando pela categoria A, temos as atividades da Figura 27 e da Figura 28. A primeira atividade envolve a já mencionada reação com forte efervescência devida à mistura de uma solução de ácido acético com bicarbonato de sódio, liberando gás carbônico. Neste caso, usa-se tal transformação química para a simulação de uma fantástica erupção vulcânica, realizando-se a mistura dos reagentes no interior de uma cavidade previamente moldada (com barro ou argila) de modo a se assemelhar com um vulcão real, embora não passe de uma simplificação. Atividades deste tipo são relativamente comuns nos livros didáticos e geralmente não possuem outro intuito senão divertir e impressionar os estudantes.

A erupção de um vulcão

Agora você vai construir uma representação de um vulcão em erupção. Para isso, você vai precisar da ajuda de um adulto e dos seguintes materiais:

- argila
- pedaço de madeira ou papelão bem firme
- dois copos plásticos pequenos
- colher (sopa)
- folhas secas e gravetos
- bicarbonato de sódio
- vinagre
- corante vermelho, usado em alimentos

Realize esta atividade com a supervisão do adulto.

Sobre a madeira, modele a argila, de modo que se assemelhe a um vulcão em forma de montanha.

No topo do vulcão, coloque um dos copos plásticos. O copo deve ficar enterrado na argila de modo que não seja possível vê-lo.

A cartoon illustration of a young girl with dark hair and a yellow headband, wearing a pink shirt with a flower pattern. She is smiling and working on a model of a volcano. The volcano is made of grey clay and sits on a brown wooden board. She is using a small blue cup to pour liquid into a hole at the top of the volcano. The background is a simple green and yellow gradient.

Figura 27: exemplo de atividade da categoria A (coleção 9, 3ª série, p. 22).

Em turma: indústria de tijolos

Esta atividade deve ser realizada sob a orientação da professora (ou professor) ou de um adulto.

Material: brita fina; areia; cimento; água; caixas de fósforos vazias e sem tampa.

Como fazer: 1. Misture bem a brita, a areia e o cimento usando uma colher. Acrescente água de maneira que a massa não fique muito dura. Encha as caixinhas de fósforos com a massa preparada. As caixas funcionam como forma para os tijolos.

no piso e nos encanamentos de uma casa. Eles fazem parte da estrutura ou são utilizados para decorar o ambiente.

2. Deixe secar e endurecer de um dia para o outro.

3. Usando os tijolinhos, construa uma casa. Verifique com um pedreiro a melhor forma de assentar os tijolos. Cada grupo contribuirá construindo uma parte da casa. Outros materiais poderão ser usados para o telhado, as portas e as janelas.

4. Equipe a casa construída pela turma.

Figura 28: exemplo de atividade da categoria A (coleção 6, 3ª série, p. 131-132).

Quanto à outra proposta utilizada como exemplo (Figura 28), trata-se da produção de pequenos tijolos empregando brita, areia e cimento. Ao término da atividade, os alunos deverão, todos reunidos, montar uma pequena construção com todos os tijolos obtidos. Em nenhum momento busca-se inserir a atividade, que representa a possibilidade de grande socialização entre os alunos a partir do trabalho coletivo, em uma oportunidade para o ensino de Química. No entanto, de acordo com Mason (2006, p. 1472A), apesar de comumente pouco associado à ocorrência de fenômenos químicos, o emprego do cimento na construção civil envolve uma série de transformações desta natureza:

The most important compounds present in cement are: $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, tricalcium aluminate; $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_3$, tricalcium silicate; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_3$, dicalcium silicate; and CaO , calcium oxide. The $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_3$ reacts slowly with water to yield $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and H_2SiO_3 . This reaction not only helps in holding the material together, but also makes the concrete less pervious to water. The hardening process is due in part to the hydration of the compounds present and is probably influenced by the crystallization of these hydrates. Essentially, cement is a highly polymerized cross-linked matrix [...]. Setting and hardening both require the presence of water, but not of air. Compounds formed as cement hardens into concrete are insoluble in water, which is why cement can harden underwater.

Como atividades da categoria B, há os exemplos da Figura 8 e da Figura 9, onde se emprega iodo para a detecção de amido em alimentos, através da formação de um complexo de cor escura. Este tipo de atividade também ocorre com certa frequência entre as obras analisadas, embora haja uma série de outros processos químicos, em situações diversas, cujo

emprego nas atividades propostas contribui para sua classificação na categoria B. Por exemplo, na atividade da Figura 29, emprega-se a formação de um precipitado de carbonato de cálcio, devido à reação entre íons cálcio de uma solução de hidróxido de cálcio e gás carbônico gasoso dissolvido no meio por simples borbulhamento, como “prova” de que a respiração humana elimina este gás. Nesta atividade, esta precipitação chega a ser caracterizada como uma transformação química, mas a proposta não tem o fim de apresentar uma nova reação química aos alunos, e sim de estudar o processo de respiração. Há também a proposta parcialmente reproduzida na Figura 30, em que se emprega um indicador ácido-base (extrato de repolho roxo) para comparação dos pHs de soluções ou substâncias diversas (hidróxido de magnésio, cloreto de sódio, ácido acético, etc.) com o pH de uma amostra previamente coletada de água da chuva. Além dessas, encontramos entre diversas coleções atividades envolvendo o uso de outros tipos de indicadores (por exemplo, a coleção 2 propõe uma atividade, na página 22 do manual do professor do volume da 4ª série, empregando reagente de Benedict, biureto e nitrato de prata), assim como um número expressivo de atividades relacionadas à higiene bucal, em que se sugere o uso evidenciadores de placa bacteriana como eritrosina e fucsina.

Em turma: o gás carbônico que expiramos

Ao expirar, eliminamos gás carbônico.
O gás carbônico, ao combinar-se com a água de cal, produz uma reação química. Quer ver?

Este experimento deve ser feito na presença da professora (ou do professor). Cuidado para não inspirar o pó de cal, nem beber a água com cal.

Material: um copo com água; um copo vazio; um canudinho; uma colher de sopa de cal; um funil; um chumaço de algodão.

Como fazer:

1. Sob a orientação da professora (ou do professor), misture a cal à água do copo.
2. Coloque o algodão no funil e filtre a mistura.
3. Recolha a água de cal em outro copo. Sobre a água de cal com o canudinho.

CLÁUDIO CHINO

Figura 29: exemplo de atividade da categoria B (coleção 6, 3ª série, p. 44).

Hora do experimento

Material:

O professor ou um adulto é que deve preparar e fornecer o caldo de repolho-roxo. Bater 2 folhas de repolho-roxo picadas e 3 copos de água no liquidificador por 2 min. Coar e manter na geladeira.

Caldo de repolho-roxo (o professor vai fornecer); 1 amostra de água recentemente colhida de chuva, rio ou lago; 6 recipientes pequenos de vidro de boca larga (podem ser copos); 6 etiquetas; 1 colher das de sopa de suco de limão (ou laranja); 1 colher das de sopa de vinagre incolor; 1 colher das de sopa de leite de magnésia; 1 colher das de sopa de água com sal; 1 colher das de sopa de água fervida e já fria. (**Atenção:** o professor ou outra pessoa adulta é quem deve ferver a água.)

Como fazer:

Recolha a amostra de água da chuva deixando o vidro na chuva. (Ou então peça a um adulto que recolha a amostra de água de um rio ou lago. Nesse caso, a amostra deve ser recolhida de uns 10 centímetros abaixo da superfície e a certa distância da borda.)

Escreva na etiqueta os dados da coleta: data, hora e local. Cole a etiqueta no recipiente de vidro.

Etiquete os outros 5 potes. Em cada etiqueta, identifique o material que você vai colocar: água com sal, leite de magnésia, vinagre, suco de limão e água fervida e já fria.

Coloque cada um desses materiais nos respectivos recipientes.

Junte 1 colher das de sopa do caldo de repolho-roxo a cada um dos potes. Observe atentamente. Anote os dados no caderno.

Compare a cor da água com a cor dos materiais colocados em cada um dos 6 potes. Anote suas observações no caderno.

Figura 30: exemplo de atividade da categoria B (coleção 4, 4ª série, p. 168).

As atividades da categoria C são as mais comuns, ocorrendo em praticamente todos os volumes de livros. Por exemplo, as atividades reproduzidas na Figura 11, na Figura 21 e na Figura 23 encaixam-se nesta categoria, pois envolvem o ensino de aspectos gerais do comportamento de fenômenos da natureza como a decomposição da matéria orgânica e o fototropismo vegetal. Estas atividades prendem-se aos aspectos fenomenológicos das transformações químicas envolvidas e, de modo mais ou menos explícito, visam somente oferecer oportunidades para que os educandos se apropriem de certos hábitos ou atitudes cotidianas. Na próxima subseção comentaremos de modo mais detalhado as atividades desta categoria, mostrando quais outros fenômenos naturais são abordados pelas propostas dos livros didáticos analisados.

Os livros didáticos utilizam como exemplos de transformações químicas, incorporados nas atividades da categoria D, a reação efervescente entre ácido acético e bicarbonato de sódio (Figura 5 e Figura 7) e, de modo mais freqüente, o conjunto de reações que ocorre na preparação de certos alimentos, como pães e bolos (Figura 31).

Os experimentos da categoria E incluem uma série de fenômenos naturais na classe de transformações químicas, por exemplo, a fotossíntese (Figura 32, em que a caracterização do fenômeno como transformação química não consta no fragmento reproduzido, mas é realizada anteriormente pelo livro) e a oxidação de metais (Figura 33). Na subseção 5.2.3 comentaremos tais propostas com maior detalhamento.

Uma saborosa transformação

Quando os alimentos são misturados, assados, cozidos e fritos eles passam por transformações químicas.

Assar um bolo é um exemplo disso. Quando retiramos o bolo do forno ele não tem mais a cor, o cheiro, o sabor e a textura de seus ingredientes ou da massa antes de assar. Um novo produto foi feito a partir da transformação química dos ingredientes. O novo produto tem características diferentes dos materiais que lhe deram origem.

Que tal preparar um bolo de laranja delicioso? Basta seguir a receita. Mas atenção, não mexa no fogão: peça para um adulto acender o forno. Se for possível, combine com seu professor e seus colegas e faça-o na escola mesmo.

Figura 31: exemplo de atividade da categoria D (coleção 8, 3ª série, p. 51).

- Um experimento fácil de fazer é a demonstração da produção de oxigênio na fotossíntese. Uma planta de aquário é colocada num recipiente com água da torneira ou de um lago e deixada ao sol durante algum tempo. Mais tarde começam a aparecer bolhas na água. É o gás oxigênio produzido na fotossíntese.

Figura 32: exemplo de atividade da categoria E (coleção 3, 3ª série, p. 39 do manual do professor).

Como fazer:

1. Organize os materiais conforme os desenhos abaixo.
2. Deixe todo o material em repouso de um dia para o outro.

Para trocar idéias e registrar

1. O que aconteceu com os materiais em cada um dos pratos?
2. O que provocou a diferença nos resultados?

Para ler e pensar

A ferrugem ocorre quando o gás oxigênio do ar, em presença de umidade, combina-se com o ferro ou outros metais que contêm ferro, como o aço. Como esse processo é lento, aceleramos o efeito da ferrugem quando umedecemos a esponja de aço na água. Às vezes, manchas de ferrugem aparecem em nossas roupas. Elas surgem quando a roupa entra em contato com algum objeto enferrujado.

Figura 33: exemplo de atividade da categoria E (coleção 6, 3ª série, p. 42).

Finalmente, as propostas da categoria F são as mais raras e contribuem para o ensino de características ou propriedades das transformações químicas, embora nem sempre empreguem uma terminologia formal para se referirem a estas propriedades. Estão entre elas a estequiometria (Figura 34, em que se observa a necessidade da presença de quantidades suficientes de todos os reagentes – a parafina de uma vela acesa e o oxigênio consumido nesta combustão – para que uma reação em andamento continue ocorrendo) e a dependência da velocidade de reação em relação a condições como temperatura do meio reacional (Figura 35) e área superficial dos reagentes envolvidos (o que ocorre somente em uma proposta de uma coleção excluída do PNLD, em que se busca caracterizar a importância do processo de mastigação dos alimentos para uma melhor digestão estomacal através de uma analogia com a maior velocidade de reação de desprendimento de gás carbônico característica da dissolução de um comprimido efervescente triturado, em comparação com o não triturado).

Em grupo: o que mantém uma vela acesa?

Quando falta luz elétrica à noite, resolvemos o problema acendendo uma vela. Mas você saberia responder o que mantém a vela acesa?

O experimento deve ser realizado pela professora (ou professor). Você vai apenas observar. Caso contrário, pode se queimar ou causar acidentes graves.

Material: uma vela; um copo de vidro; fósforo.

Como fazer:

1. Observe e desenhe a vela no caderno antes de ela ser acesa pela professora (ou professor).
2. Observe a professora (ou professor) acendendo a vela.
3. Desenhe a vela acesa, observando as cores da chama e o que acontece durante a queima.
4. Agora a professora (ou professor) tapa a vela acesa com o copo.

Para trocar idéias e registrar

1. De que materiais é feita a vela?
2. O que aconteceu com a vela durante a queima?
3. Por que a professora (ou professor) usou o fósforo para acender a vela?
4. Por que a vela se apagou quando foi tapada com o copo? O que mais poderia apagar a vela?

Figura 34: exemplo de atividade da categoria F (coleção 6, 3ª série, p. 40).

Figura 35: exemplo de atividade da categoria F (coleção 4, 4ª série, p. 56).

Vejamos a distribuição das propostas entre estas categorias. A Tabela 11 apresenta esta distribuição geral, evidenciando também a classificação para o conjunto das coleções aprovadas e para o conjunto das excluídas do PNLD/2007. Com estes dados, construiu-se o gráfico da Figura 36.

Tabela 11: distribuição das atividades entre as categorias relacionadas ao ensino de Química, evidenciando a classificação para o conjunto das coleções aprovadas e para o das excluídas do PNLD/2007.

<i>conjunto</i>	<i>número de atividades por categoria</i>						total
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	
<i>Aprovadas</i>	7	18	119	13	28	3	188
<i>Excluídas</i>	20	13	163	9	17	3	225
total absoluto	27	31	282	22	45	6	413
total relativo (%)	6,54	7,51	68,28	5,33	10,90	1,45	100

Figura 36: gráfico da distribuição das atividades do conjunto das coleções aprovadas, do conjunto das coleções excluídas e do total de coleções entre as categorias relacionadas ao ensino de Química.

Como se observa na Tabela 11 e na Figura 36, há um grande predomínio das propostas da categoria C, chegando a quase 70% do total de atividades dos livros didáticos que envolvem reações químicas. Em seguida vêm, nesta ordem, as categorias E, B, A e D, havendo um número diminuto de propostas da categoria F. Ainda que algumas distinções entre o conjunto das coleções aprovadas e o das excluídas do PNLD possam ser observadas já a partir destes dados (por exemplo, o fato de haver um número absoluto de propostas das categorias A e C maior entre as coleções excluídas, o que não acontece com as outras categorias), convém analisar estas informações com maior detalhamento, observando a distribuição das categorias entre os volumes para cada uma das quatro séries.

Antes, porém, devemos explicar o porquê dos valores da coluna *total* na Tabela 11 serem maiores que os valores que constam na Tabela 1 e na Tabela 2. Apesar das propostas estarem destinadas *ou não* ao ensino de Química (ou seja, *ou* pertencerem às categorias A, B e C, *ou* pertencerem às categorias D, E e F), há a possibilidade de que uma mesma atividade

para o ensino de Química pertença a mais de uma de categoria (D e F ou E e F). Este é o caso, por exemplo, da atividade da Figura 34, que apesar de ter sido apresentada como pertencendo à categoria F (por abordar noções elementares de estequiometria), também se constitui em uma proposta típica da categoria E (por incluir a combustão da parafina na classe de transformações de carácter químico).

A distribuição das propostas de cada uma das seis categorias entre as séries é mostrada na Tabela 12. Estas informações estão representadas no gráfico da Figura 37, onde se optou por representar as categorias A, B e C com tons alaranjados e as categorias D, E e F com tons azulados, de modo a facilitar a distinção entre o bloco de categorias intencionalmente e não intencionalmente dirigidas ao ensino de Química.

Tabela 12: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.

série	número de atividades por categoria						total
	A	B	C	D	E	F	
1 ^a	10	1	72	0	0	0	83
2 ^a	3	2	86	7	5	0	103
3 ^a	10	11	88	13	21	2	145
4 ^a	4	17	36	2	19	4	82
total	27	31	282	22	45	6	413

Figura 37: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.

Assim, observa-se na Figura 37 que as atividades intencional e explicitamente dirigidas ao ensino de Química começam a ser propostas nos volumes para a 2ª série. Na 3ª

série, o número destas atividades é maior, assim como o número de atividades não intencionalmente dirigidas ao ensino de Química. No entanto, a análise dos percentuais de presença de cada categoria entre as quatro séries, exibidos na Tabela 13 e representados na Figura 38, acrescenta novas informações.

Tabela 13: distribuição percentual, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.

série	percentual de atividades por categoria						total
	A	B	C	D	E	F	
1 ^a	12,05	1,20	86,75	0,00	0,00	0,00	100
2 ^a	2,91	1,94	83,50	6,80	4,85	0,00	100
3 ^a	6,90	7,59	60,69	8,97	14,48	1,38	100
4 ^a	4,88	20,73	43,90	2,44	23,17	4,88	100

Figura 38: gráfico da distribuição percentual, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias de relacionadas ao ensino de Química, para o total de coleções.

Verificamos que o conjunto de volumes para a 3^a série apresenta um número maior de propostas de atividades experimentais envolvendo transformações químicas (se aproximando do que é reportado na análise realizada em três coleções de ciências por Guedes (1992), que verifica em duas delas um maior número de termos químicos na 3^a série). No entanto, é na 4^a série em que, proporcionalmente, são sugeridas mais atividades explicitamente dirigidas ao ensino de Química. Há, inclusive, uma surpreendente regularidade: atividades como estas não ocorrem em nenhum dos volumes para a 1^a série, constituem cerca de 10% das propostas para a 2^a série, cerca de 20% das propostas da 3^a série e cerca de 30% das propostas para a 4^a série.

E como esperado, as propostas classificadas na categoria F, tratando de propriedades das transformações químicas, só aparecem nos anos do segundo ciclo.

Assim, verificamos que os livros didáticos de Ciências para as séries iniciais do ensino fundamental introduzem um tratamento experimental de fenômenos químicos a partir da 1ª série, aumentando, em cada nível subsequente, a proporção de experimentos em que as reações químicas envolvidas são caracterizadas e tratadas como tais. Pela análise do *conjunto* das coleções, fica evidente que os autores dos livros se preocupam em respeitar as limitações dos alunos quanto à sua aprendizagem de aspectos da ciência química, aumentando o nível de abstração exigido para a observação e interpretação de certos fenômenos químicos ao longo do caminho que vai da 1ª à 4ª série.

No entanto, esta análise é apenas parcialmente condizente com a realidade. Mostraremos que apenas uma parcela das coleções didáticas analisadas parece dar um tratamento adequado para o ensino de Química, já que nossos dados refletiram apenas uma média, ignorando as particularidades de cada coleção. Inicialmente, vejamos se há diferenças entre o conjunto das coleções aprovadas e o conjunto das excluídas do PNLD/2007 quanto a este aspecto, como foi feito na subseção passada. A Tabela 14 e a Tabela 15 apresentam as distribuições, entre os volumes de cada série, das atividades categorizadas conforme sua relação com o ensino de Química, respectivamente para o conjunto das coleções aprovadas e para o das excluídas. Estes dados estão representados nos gráficos da Figura 39 e da Figura 40.

Tabela 14: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções aprovadas.

série	categoria						total
	A	B	C	D	E	F	
1ª	5	0	32	0	0	0	43
2ª	0	1	34	6	4	0	63
3ª	2	6	35	6	13	1	45
4ª	0	11	18	1	11	2	37
total	7	18	119	13	28	3	188

Tabela 15: distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções excluídas.

série	categoria						total
	A	B	C	D	E	F	
1ª	5	1	40	0	0	0	46
2ª	3	1	52	1	1	0	58
3ª	8	5	53	7	8	1	82
4ª	4	6	18	1	8	2	39
total	20	13	163	9	17	3	225

Figura 39: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções aprovadas.

Figura 40: gráfico da distribuição, entre os volumes de cada série, das atividades conforme as categorias relacionadas ao ensino de Química, para o conjunto das coleções excluídas.

Os dados apresentados na Tabela 14 e na Tabela 15, representados na Figura 39 e na Figura 40 – ao contrário do que ocorreu na subseção passada, quanto à classificação entre as categorias de Pella – indicam que, fora o predomínio das atividades da categoria C tanto no conjunto das coleções aprovadas quanto no das excluídas, estes conjuntos pouco se assemelham. Por exemplo, verifica-se uma presença muito maior, nas coleções aprovadas, de atividades da categoria E no segundo ciclo do ensino fundamental. Organizando de outro modo estes dados, acrescentamos novas informações sobre as diferenças entre as distribuições nos dois

conjuntos: na Tabela 16 apresentamos o número médio de atividades de cada categoria nos conjuntos, considerando sua distribuição entre os volumes de cada série. Representamos estes dados nos gráficos da Figura 41 e da Figura 42.

Tabela 16: média de atividades de cada categoria relacionada ao ensino de Química, por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries. Ap: aprovadas; Ex: excluídas.

Série	Conjunto	média de atividades de cada categoria por coleção					
		A	B	C	D	E	F
1ª	Ap	0,42	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00
	Ex	0,20	0,04	1,60	0,00	0,00	0,00
2ª	Ap	0,00	0,08	2,83	0,50	0,33	0,00
	Ex	0,12	0,04	2,08	0,04	0,04	0,00
3ª	Ap	0,17	0,50	2,92	0,50	1,08	0,08
	Ex	0,32	0,20	2,12	0,28	0,32	0,04
4ª	Ap	0,00	0,92	1,50	0,08	0,92	0,17
	Ex	0,16	0,24	0,72	0,04	0,32	0,08

Figura 41: gráfico do número médio de atividades de cada categoria relacionada ao ensino de Química por coleção, nos conjuntos das aprovadas e excluídas, considerando a distribuição entre os volumes das quatro séries. Ap: aprovadas; Ex: excluídas.

Figura 42: gráfico do percentual de ocorrência de atividades de cada categoria relacionada ao ensino de Química sobre o total de atividades de cada uma das quatro séries, nos conjuntos das coleções aprovadas e excluídas. Ap: aprovadas; Ex: excluídas.

É interessante comparar as distribuições das categorias entre as atividades das coleções aprovadas e excluídas no PNLD/2007, levando em consideração também a distribuição para o conjunto total das coleções (Figura 37 e Figura 38). Enquanto que não há grandes diferenças entre as colunas dos dados para a 1ª série nos conjuntos das coleções aprovadas e excluídas, o mesmo não se pode dizer para as outras colunas olhando a distribuição percentual da Figura 42, principalmente as da 2ª e da 3ª série. As coleções aprovadas, nos volumes para estas séries, apresentam uma proporção bem maior de experimentos em que as transformações químicas já são identificadas e trabalhadas como tais. Já na 2ª série, mais de 20% das atividades apresentam tal abordagem, entre as coleções aprovadas; as coleções excluídas só chegam a este percentual nos volumes da 3ª série, o que indica uma espécie de “atraso” na apresentação da Química como a ciência da matéria e de suas transformações de um ponto de vista experimental.

Quanto à distribuição entre as categorias A, B e C, também há algumas observações a se fazer. Esperar-se-ia que, com o avanço das séries, atividades da categoria A viessem a ser cada vez menos sugeridas, devido a seu relativo distanciamento do conteúdo ensinado. Entre as coleções aprovadas, isto é o que de fato acontece: estas correspondem a 13,51% das propostas para a 1ª série, não ocorrem na 2ª série, aparecem discretamente na 3ª (3,17%) e são novamente abandonadas na 4ª. No conjunto das coleções excluídas, no entanto, permanecem no intervalo entre 5% e 14% das atividades de cada série, chegando a 10,26% das atividades da 4ª série. Reconhecemos a importância de atividades que incorporem a dimensão afetiva ao

ensino, assim como as características que remetem a aspectos lúdicos, principalmente se tratando das séries iniciais do ensino fundamental. Porém, as atividades da categoria A, como dissemos, parecem se restringir a estas dimensões, sendo esperado que com o avanço das séries os experimentos para o ensino de ciências estejam relacionados cada vez mais profundamente aos conteúdos curriculares. Assim, fica a impressão de que os autores das coleções excluídas, principalmente nos volumes para o segundo ciclo do ensino fundamental, perdem oportunidades valiosas de sugerirem experimentos e atividades práticas que venham a explorar aspectos mais profundos das transformações químicas, insistindo em atividades que podem não contribuir para a aprendizagem dos conteúdos. Quanto à categoria B, sua presença é sempre maior, proporcionalmente, nas coleções aprovadas, exceto nos volumes para a 1ª série, em que não constam tais atividades. Sua importância reside na contribuição para caracterizar as transformações químicas como importantes instrumentos para a resolução de certos problemas do cotidiano. Não chega a ser negativo que sua presença relativa chegue a mais de 25% das atividades das coleções aprovadas nos volumes para a 4ª série, pois entendemos que suas características permitem associar à Química uma imagem mais positiva, constituindo um corpo de conhecimentos úteis para a relação homem-meio. Finalmente, percebe-se que a categoria C, a mais presente em todos os volumes dos dois conjuntos de coleções, apresenta quase sempre um predomínio maior sobre as outras categorias no conjunto das coleções excluídas (a exceção ocorre nos volumes para a 1ª série, em que esta categoria está presente de modo igualmente proporcional em ambos os conjuntos). Esta categoria é importante, pois oferece aos alunos certos conhecimentos embasados cientificamente que serão úteis para uma melhor compreensão das inúmeras relações causais estabelecidas no mundo macroscópico. No entanto, consideramos que os livros devem ir abandonando atividades desta categoria com o avanço das séries, buscando sempre caracterizar as inúmeras transformações químicas presentes nos fenômenos naturais como fenômenos químicos de fato, através da sugestão de atividades da categoria E. Acreditamos que estas atividades abririam o caminho para uma melhor compreensão da essência dos fenômenos considerados, principalmente quando se introduzir a simbologia química e a visão microscópica da matéria nos ciclos finais do ensino fundamental.

Nossas afirmações acima refletem o entendimento de que, considerando o sistema de categorias que propusemos, sua distribuição mais desejável entre os volumes dos livros poderia ser representada pelo quadro da Figura 43. Esta distribuição constitui o que chamaremos de *perfil ideal* do tratamento da Química através de atividades experimentais.

Série	Categoria					
	A	B	C	D	E	F
4 ^a						
3 ^a						
2 ^a						
1 ^a						

Figura 43: representação do *perfil ideal* para a distribuição das categorias relacionadas ao ensino de Química entre os volumes de cada série.

No entanto, analisando as distribuições reais das coleções, verificamos a presença de outros perfis, principalmente o representado na Figura 44, nomeado *perfil sem evolução*: não leva ao preenchimento das categorias D, E e F – em que há intenção de se trabalhar a Química de modo explícito – estando as atividades confinadas ao bloco das categorias A, B e C.

Série	Categoria					
	A	B	C	D	E	F
4 ^a						
3 ^a						
2 ^a						
1 ^a						

Figura 44: representação do *perfil sem evolução* para a distribuição das categorias relacionadas ao ensino de Química entre os volumes de cada série.

Assim, apresentamos na Tabela 17 a classificação das coleções didáticas analisadas quanto a seus perfis de distribuição destas categorias, evidenciando os dados para o conjunto das coleções aprovadas e para o das excluídas. Estes dados estão representados no gráfico da Tabela 17²⁷.

Tabela 17: distribuição das coleções entre os perfis de tratamento da Química através de atividades experimentais.

conjunto	valor	número de coleções por perfil		
		ideal	sem evolução	outro
Aprovadas	Absoluto	2	6	4
	Relativo (%)	16,67%	50,00%	33,33%
Excluídas	Absoluto	1	18	6
	Relativo (%)	4,00%	72,00%	20,00%
total	Absoluto	3	24	10
	Relativo (%)	8,11%	64,86%	24,32%

²⁷ Vale lembrar que os perfis que emergiram de nossa classificação são apenas idealizações ou simplificações, não sendo observados, na realidade, exatamente do modo como os apresentamos na Figura 44 e na Figura 45. A caracterização das coleções quanto a seus perfis, portanto, está baseada no quanto a classificação das atividades gerou uma distribuição *típica* de um perfil ou de outro.

Figura 45: gráfico da distribuição das coleções entre os perfis de tratamento da Química através de atividades experimentais.

Os dados da Tabela 17 e da Figura 45 mostram que, de todo o conjunto de coleções didáticas analisadas, apenas três em 37 (coleções 4, 11 e 35) apresentam o perfil ideal de apresentação de atividades experimentais com reações químicas, relacionando cada vez mais, com o passar das séries, os fenômenos observados com a ciência química. Destas três, duas são coleções aprovadas na avaliação do PNLD/2007. A grande maioria das obras (64,86%) apresenta o perfil sem evolução no tratamento dos fenômenos químicos, ou seja, não fazem sua inclusão na classe de objetos de estudo da Química.

Verifica-se também a grande presença de coleções que apresentam outros tipos de perfil. O mais comum é certamente aquele em que nos volumes da 2ª ou da 3ª série os autores propõem a maioria dos experimentos das categorias D, E e, às vezes, F. Em geral, tratam-se de obras que, nestes volumes, apresentam seções inteiramente dedicadas ao estudo das transformações químicas. Nestes casos, os autores preferem organizar os conteúdos em blocos que são apresentados somente em uma oportunidade, no decorrer de uma dada série. Na série seguinte, novos assuntos são abordados, sem se retornar, com mais profundidade, ao que fora estudado no ano anterior.

5.2.2 Um olhar para a categoria C

Os dados sistematizados na subseção anterior mostraram que a maior parte das atividades em que ocorrem transformações químicas, propostas pelos livros, pertencem à categoria C, quanto a seu envolvimento com o ensino de Química.

Lembrando que esta categoria corresponde a atividades em que são estudados diversos fenômenos naturais, sem que as transformações químicas envolvidas sejam destacadas ou caracterizadas como tais, resolvemos lançar um olhar sobre tais propostas a fim de obter informações sobre que tipos de fenômenos são abordados por elas.

Assim, percebemos que estes fenômenos estão distribuídos entre onze classes diferentes, as quais designaremos por letras de *a* a *k*. Apresentamos estas classes através de *enunciados* que julgamos representar alguns dos conhecimentos que os autores desejam veicular através das atividades experimentais que propõem. As classes são:

- a) Os vegetais são seres vivos que necessitam de certas condições para seu adequado desenvolvimento, desde a germinação. Estão entre estas necessidades: água, luz, temperatura adequada e solo fértil. A privação de alguma delas, ou seu fornecimento em condições inadequadas (por exemplo, o provimento de água com pH muito ácido ou a presença de poluentes no solo), pode inibir o desenvolvimento dos indivíduos ou levar à sua morte.
- b) Existem microorganismos, como fungos e bactérias, que realizam o processo de decomposição da matéria orgânica, degradando seus componentes em minerais. Este processo ocorre sempre que houver a presença de tais microorganismos no ambiente do material orgânico em questão, podendo ser evitado (por exemplo, através do uso de substâncias que eliminem os decompositores) ou retardado (por exemplo, através da refrigeração).
- c) A combustão é um fenômeno que libera a energia contida em materiais combustíveis, necessitando de calor e de gás oxigênio para ocorrer. Dependendo das condições ambientais e dos materiais envolvidos, este processo irá eliminar, além de gás carbônico e água em estado gasoso, material particulado e outros gases.
- d) O preparo dos alimentos envolve sua transformação ou a de seus ingredientes, ocorrendo pela simples mistura dos materiais envolvidos e/ou em decorrência de fatores externos, notadamente a elevação da temperatura ambiental.

- e) Um ecossistema é um conjunto de elementos vivos e não vivos que depende de suas inter-relações para permanecer em um estado de equilíbrio. O modo como se dão estas relações determina a distribuição dos recursos (luz, água, nutrientes, etc.) entre os componentes deste sistema.
- f) Materiais metálicos como o ferro, se deixados em local com um mínimo de umidade e contato com o ar atmosférico, podem se enferrujar. Existem técnicas, no entanto, para evitar/retardar este processo ou para remover a superfície de ferrugem formada sobre o objeto oxidado.
- g) O cálcio é um elemento constituinte de estruturas ósseas dos animais, sendo um dos responsáveis por sua rigidez característica. O contato prolongado dos ossos com materiais ácidos (por exemplo, uma solução de ácido acético) pode promover a desmineralização deste tecido, que é justamente a remoção deste componente – o cálcio – levando, portanto, à diminuição de sua rigidez.
- h) Certos microorganismos realizam o processo de fermentação, degradando açúcares e formando substâncias como álcool, ácido lático e gás carbônico (dependendo do tipo de fermentação – ocorrendo em condições anaeróbias, pode ser capaz de gerar metano). Trata-se de um processo importante que possui extensas aplicações na produção de alimentos como pães, bolos e derivados do leite.
- i) As minhocas, por realizarem a humificação do solo, contribuem para a reposição de seus nutrientes.
- j) A digestão dos alimentos, nos seres humanos, envolve substâncias (enzimas e ácidos, por exemplo) e processos diversos, específicos para o melhor aproveitamento dos nutrientes ingeridos.
- k) Diversos: experimentos relacionados à conversão da energia química contida em componentes de frutos cítricos em energia elétrica; ao fato da respiração humana consumir oxigênio e eliminar gás carbônico; à caracterização das erupções vulcânicas como processos que eliminam, além de magma, gases; ao tratamento da água antes de seu consumo; à manufatura de materiais de uso doméstico, como amaciantes de roupas; e à produção de plásticos.

Organizamos no quadro da Figura 46 a ocorrência destas onze classes de experimentos da categoria C entre as coleções, apresentando o número de vezes em que são propostos.

coleção	número de experimentos por classe											total
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
1	3	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	8
2	5	4	2	3	0	0	1	3	0	0	1	19
3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3
4	10	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	16
5	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	6
6	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6
7	7	4	1	0	0	1	0	1	1	1	0	16
8	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
9	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
10	8	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11
11	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
12	6	5	1	0	0	2	0	0	0	1	0	15
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2	1	1	0	1	2	0	0	0	0	1	8
15	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	8
16	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	7
17	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
18	3	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	8
19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
20	9	1	0	1	0	0	0	2	0	1	0	14
21	1	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5
22	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6
23	6	2	0	0	1	2	0	1	0	0	0	12
24	7	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	14
25	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
26	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
27	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
28	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7
29	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
31	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	11
32	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
33	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
34	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
35	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	7
36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
37	4	5	0	0	1	0	1	0	1	0	0	12
total absoluto	158	52	8	14	10	9	5	9	7	7	6	285
total relativo (%)	55,4	18,2	2,81	4,91	3,51	3,16	1,75	3,16	2,46	2,46	2,11	100

Figura 46: quadro da distribuição dos experimentos da categoria C entre as classes de fenômenos naturais de a a k. (Quanto maior for o escurecimento da célula, mais alto é seu valor numérico. As coleções em células azuis são as aprovadas; em células vermelhas, estão as excluídas).

Pela distribuição visualizada no quadro, percebe-se que os experimentos da classe a, tratando das necessidades para o desenvolvimento dos vegetais, constituem a maioria das propostas, ocorrendo em praticamente todas as coleções (há apenas uma coleção excluída que não o propõe, além da coleção 13, em que não foram encontradas propostas de atividades com transformações químicas), somando 55,4% das atividades da categoria C. Em seguida vêm os experimentos sobre a decomposição da matéria orgânica, constituindo 18,2% destas

propostas. As demais classes não ultrapassam, cada uma, 5%, tendo uma frequência média de 2,92% das propostas.

Estes dados mostram que os livros, ao sugerirem atividades experimentais em que ocorrem transformações químicas, tendem a não explorar aspectos de um amplo conjunto de fenômenos diferentes. Concentram sua atenção em princípios de dois entre 11 enunciados gerais, às vezes de modo exagerado: a coleção 9, por exemplo, relaciona 14 de suas 15 atividades à classe a; a coleção 4 faz isso com 10 de suas 16 propostas; a coleção 17, com 8 de suas 10 propostas; e a coleção 28, com seis de suas sete propostas.

Não questionamos a escolha dos autores por abordarem experimentos relacionados às classes a e b principalmente. De fato, tratam-se de conjuntos de fenômenos importantes, muito presentes no cotidiano dos alunos e propícios a diferenciadas abordagens de vários conteúdos (por exemplo, fotossíntese, fototropismo, nutrição vegetal, conservação dos alimentos, adubação do solo, degradação do lixo orgânico, etc.). Apesar disso, não consideramos positivo que uma mesma coleção restrinja suas atividades a somente estas classes, como que ignorando a importância de um trabalho experimental com diversos outros conteúdos relevantes, por exemplo, a combustão dos materiais, a oxidação dos metais, as transformações sofridas pelos alimentos de sua produção à sua digestão no interior do corpo humano, etc. Como se observa na Figura 46, são poucas as coleções que propõem atividades relacionadas a pelo menos outras cinco classes, de c a k: este é o caso apenas das coleções 2, 7 e 14.

Acreditamos ainda que outro problema pode ser gerado pelos livros através de uma restrição ao tratamento de apenas poucas classes de enunciados, considerando as atividades da categoria C. Supondo um livro que apresente o perfil ideal de distribuição de suas atividades entre as categorias de A a F, será positivo que, antes de estudar determinado fenômeno sob o “viés” do tratamento químico com uma atividade da categoria E, o estudante possa ter algumas noções prévias sobre este fenômeno, que poderiam ter sido introduzidas anteriormente em uma atividade da categoria C. Por exemplo, pode ser desejável que, antes que se busque introduzir o fenômeno da combustão como um processo químico em que substâncias são interconvertidas, o aluno já possua algumas noções de caráter científico (isto é, vindas de um conhecimento sistemático sobre a natureza e não de um processo espontâneo de busca por explicações apoiadas no senso comum), oriundas de um trabalho anterior, como uma atividade da categoria C, classe c. Novamente, não podemos nos esquecer que este tipo de deficiência, que acreditamos não ser facilmente superável pelos autores dos livros, poderá

ser convertida em grandes oportunidades para o estudo dos fenômenos químicos, desde que haja uma adequada intervenção do professor.

Antes de encerrarmos esta seção, estudaremos com algum detalhamento as atividades da categoria E, por ser a segunda categoria em ocorrência, entre as relacionadas ao ensino de Química, considerando também sua importância para a introdução das noções elementares da ciência química propriamente dita.

5.2.3 Um olhar para a categoria E e para a importância do manual do professor

Quanto ao envolvimento com o ensino de Química, a categoria E representa um importante passo em direção a uma abordagem que leve à compreensão da essência dos fenômenos observados. Como já mencionado, através destas atividades os alunos compreenderão que os fenômenos estudados em atividades da categoria C se tratam de transformações químicas. Por exemplo, a indicação de que a fotossíntese é um processo químico pode direcionar o olhar do estudante para as manifestações deste fenômeno que o caracterizem como uma interconversão de reagentes em produtos. Acreditamos que esta nova maneira de perceber os acontecimentos naturais pode levar a uma nova compreensão das relações causais presentes e da própria Química, o que será importante para o cotidiano e para o progresso em estudos posteriores. Nesse processo, a linguagem possui papel fundamental, daí o fato de nossa classificação das atividades nesta categoria ter levado em consideração a presença da terminologia própria do vocabulário químico no bojo das propostas. Zanon e Palharini (1995, p. 17), tratando do ensino de Química para o início do ensino fundamental, fazem o seguinte comentário a respeito:

Dentre as palavras/conceitos de química intencionalmente utilizados, de forma natural, durante as falas e explicações, destacamos por exemplo a palavra “substância”, uma das mais centrais em química porém muitas vezes introduzida tardiamente nas escolas. Referindo-se aos nutrientes num alimento, uma criança diz: “é uma parte... uma das coisas que existem dentro do alimento. O nutriente é aquilo que tem no alimento.” Nesse contexto, cabe introduzir a palavra substância, mesmo sem defini-la de maneira completa ou formal.

De modo semelhante ao que fizemos na subseção passada, apresentamos em um quadro (Figura 47) a distribuição das atividades da categoria E entre as coleções, também especificadas de acordo com os conteúdos trabalhados, através das mesmas classes de a a k.

coleção	número de experimentos por classe											total
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
1	1	1	3	1	0	0	0	1	0	1	1	9
2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	4
4	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	5
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	4
7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
27	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
total absoluto	7	7	7	4	0	5	1	4	0	4	6	45
total relativo (%)	15,6	15,6	15,6	8,89	0	11,1	2,22	8,89	0	8,89	13,3	100

Figura 47: quadro da distribuição dos experimentos da categoria E entre as classes de fenômenos naturais de a a k.

Este olhar com maior detalhamento para as atividades da categoria E revela um cenário mais positivo do aquele da categoria C: há uma distribuição muito mais equilibrada entre os diversos fenômenos abordados pelas atividades. Apenas as classes e, g e i não são trabalhadas ou o são com um número de propostas muito abaixo da média para o conjunto total. Chama a atenção também o fato de que as coleções que apresentam maior distribuição das atividades entre as diversas classes pertencem ao conjunto das obras aprovadas no PNLD/2007.

O quadro da Figura 47, no entanto, omite a participação do manual do professor para a caracterização das atividades propostas pelos livros. Como percebemos nas etapas de levantamento e classificação, há um número significativo de atividades cujas contribuições reservadas aos professores nos manuais poderiam levar propostas da categoria C (principalmente) a receberem um tratamento típico da categoria E. Isto acontece quando os livros, buscando munir os docentes de subsídios teóricos para o trabalho experimental com os alunos, explicam de modo mais ou menos pormenorizado o entendimento da ciência sobre o fenômeno que será abordado no experimento. Por exemplo, a coleção 2 propõe em seu volume para a 2ª série um experimento da categoria C relacionado à classe h (fermentação microbiana), mas o manual do professor (p. 15) faz o seguinte comentário:

O processo de transformação é o procedimento em que estão presentes algumas propriedades físicas e químicas, tais como as transformações dos estados físicos da matéria e a relação com o calor, a fermentação, a solubilidade e as noções básicas em torno das reações químicas que serão vivenciadas neste estágio e aprofundadas nos livros 3 e 4.

Acreditamos que comentários como estes, embora reservados somente aos professores, podem contribuir para que o andamento de certa atividade experimental da categoria C se converta no estudo de fenômenos sob a perspectiva da Química, caso o professor socialize parte das considerações teóricas do manual com os alunos, caracterizando os fenômenos como reações químicas.

Como critério para decidir se as considerações dos manuais do professor poderiam contribuir para converter as atividades da categoria C para a categoria E, adotamos a intencionalidade dos autores em incentivar ou não esta socialização com os alunos dos subsídios teóricos de caráter científico. Esta intencionalidade, na maioria dos casos apenas inferida por nós, se referiu à presença ou não de recomendações, aos professores, para que evitassem naquele momento caracterizar os fenômenos envolvidos como transformações químicas. Assim, havendo tais recomendações, julgamos que a conversão para a categoria E não aconteceria. Do mesmo modo, em algumas situações notamos que embora os autores caracterizem os fenômenos de um experimento como transformações químicas sem solicitar aos professores que não compartilhem esta informação com os alunos, o próprio contexto da proposta de atividade (unidade ou capítulo do livro) ou sua forma de apresentação indicam que um tratamento químico é desejável.

Assim, apresentamos na Figura 48 um quadro que leva em consideração as possíveis conversões para a categoria E, alterando o cenário exposto na Figura 47.

coleção	número de experimentos por classe											total
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
1	1	3	3	1	0	0	0	1	0	2	1	12
2	0	2	2	2	0	0	0	1	0	0	1	8
3	1	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	5
4	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	1	6
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	4
7	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
23	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
27	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
37	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3
total absoluto	7	9	9	7	1	8	5	7	1	6	12	72
total relativo (%)	9,72	12,5	12,5	9,72	1,39	11,1	6,94	9,72	1,39	8,33	16,7	100

Figura 48: quadro da distribuição dos experimentos da categoria E entre as classes de fenômenos naturais de a a k, considerando as contribuições dos manuais do professor.

Levando-se em consideração as possíveis contribuições dos comentários presentes nos manuais do professor, 27 propostas passam a integrar o conjunto de atividades da categoria E, totalizando 72 atividades. Destas, 43 (59,9 %) estão no conjunto das 12 coleções aprovadas no PNLD/2007. Esta nova distribuição leva inclusive à caracterização como processo químico de todas as classes de a a k, embora as classes e e i permaneçam muito pouco representadas nestas atividades.

Estes resultados reafirmam o papel do professor para um melhor aproveitamento do uso do livro didático. Afinal, o mestre será quem decidirá quando interferir sobre a forma como certos conteúdos são trabalhados, determinando o momento em que certas informações não disponibilizadas pelos livros aos alunos poderão ser enfim compartilhadas com eles.

5.3 OUTROS ESTUDOS

Finalizando este capítulo, propomos nesta seção relatar algumas impressões registradas durante as etapas de levantamento, análise e classificação das atividades experimentais nas 37 coleções avaliadas pelo MEC e por esta dissertação. Pretendemos apenas indicar algumas possibilidades para estudos futuros sobre estes livros didáticos e outros, através de uma exposição mais livre, sem o emprego de categorias e análises estatísticas.

Um primeiro aspecto que se esperaria que fosse considerado em um trabalho como este é a possibilidade de, através das propostas de atividades experimentais, os livros estarem veiculando certos erros conceituais. Por exemplo, em muitos dos experimentos em que a Química é tratada explicitamente, percebe-se uma tendência dos autores a associarem as transformações químicas a fenômenos irreversíveis e as transformações físicas a fenômenos reversíveis (Figura 49).

Uma transformação sem volta

- Coloque um pedaço de palha de aço dentro de um recipiente e cubra-o com água. Em outro recipiente, coloque apenas um pedaço de palha de aço, sem acrescentar água.
- Após alguns dias, observe os dois recipientes e responda: o que aconteceu com cada pedaço de palha de aço?

Figura 49: exemplo de atividade em que há associação entre ocorrência de transformação química e irreversibilidade (Coleção 7, 2ª série, p. 27).

De acordo com Lopes (1993, p. 318), era uma característica de livros para o ensino de Química à época da Reforma Francisco Campos o seguinte tratamento:

As reações eram classificadas em espontâneas ou provocadas, reversíveis ou irreversíveis, segundo critérios respaldados diretamente no senso comum. Espontâneo era o processo que ocorria sem ação externa, naturalmente. As reações

que necessitassem de calor, quer fosse para favorecer seu equilíbrio ou sua cinética, eram consideradas não espontâneas.

Tratando de modo tão simplificado a complexa questão da irreversibilidade, acreditamos que os livros podem estar introduzindo, como diz a autora do fragmento acima na mesma obra citada, verdadeiros obstáculos epistemológicos (conforme Bachelard) para a correta conceituação de certos temas do conhecimento químico. Em geral, no entanto, não observamos erros muito graves entre a maioria das propostas, apenas certas imprecisões causadas pela dificuldade em se trabalhar com a linguagem científica neste nível de escolaridade. Valeria a pena estudar de modo mais aprofundado esta questão, com o intuito de se conhecer se tais imprecisões poderiam dificultar a aprendizagem dos conteúdos.

Erros do tipo procedimental (levando a comportamentos inadequados dos alunos em certas situações, por exemplo, o uso de procedimentos inadequados para resolver um problema através de um experimento) ou indução a este tipo de erro foram observados em algumas das propostas de experimentos. Por exemplo, as atividades reproduzidas na Figura 5 e na Figura 7, buscando dirigir as observações dos alunos de modo a entenderem que durante a reação química em estudo – a neutralização do ácido acético por bicarbonato de sódio – os materiais se transformaram em algo que previamente não existia no meio, solicitam que seja verificado se o sabor da solução neutralizada é o mesmo da solução de ácido acético (vinagre). Sabemos que tal procedimento pode até ser útil nesta situação em estudo, mas não descartamos a possibilidade de que os alunos venham a construir a noção errônea de que propriedades organolépticas como sabor e cheiro de reagentes e produtos poderiam ser bons indicativos da ocorrência de uma transformação química. Extrapolado para outras situações, o procedimento de provar o sabor ou o odor de soluções pode levar a grandes riscos, pondo em perigo a integridade física dos estudantes e colaborando para uma imagem negativa da Química: não desejamos que seja vista como uma ciência realizada e estudada através de instrumentos nem sempre exatos e objetivos, como os órgãos dos sentidos.

A propósito, investigações sobre os possíveis riscos e perigos que as atividades envolvendo Química poderiam proporcionar aos estudantes, se adequadamente divulgadas, serviriam a melhores e mais completas recomendações de segurança por parte dos autores dos livros em novas edições de suas obras. Em geral, as propostas de experimentos que investigamos fazem alertas, tanto nos livros do aluno quanto nos manuais do professor, para que se atente para potenciais fontes de risco durante a realização dos experimentos. No entanto, analisando o caso dos experimentos sobre a combustão (que geralmente empregam demonstrações da combustão de uma vela), verificamos que a maioria das coleções reserva

apenas comentários gerais como precauções, do tipo “Crianças não devem brincar com fogo, pois podem se queimar” (Coleção 12, 2ª série, p. 157). Apenas duas coleções – excluídas pela avaliação do PNLD/2007 – dão atenção a certos detalhes que colaborariam para minimizar a ocorrência de acidentes nestes experimentos. Uma delas lembra o professor de alertar os familiares sobre a possibilidade dos alunos desejarem realizar o experimento sozinhos (pois as instruções estarão ao seu alcance, já que o livro didático permanecerá sob sua guarda durante todo ano letivo), o que só poderá ocorrer se devidamente supervisionados por um adulto, além de chamar a atenção para que alunos com cabelos compridos os prendam e de pedir ao professor, caso também tenha cabelos compridos e deseje realizar a demonstração em sala de aula, que dê o exemplo prendendo-os. A outra coleção aproveita esta oportunidade (de comentar os possíveis riscos de uma atividade sobre a combustão) para lembrar ao professor de conscientizar os alunos sobre a importância de que certas regras sejam seguidas por todos, visando a um transcorrer mais seguro das aulas práticas: não tocar em substâncias, não cheirá-las, não colocá-las na boca, ter cuidado com objetos cortantes (tesouras, estiletes), segurar firmemente objetos para não caírem ao chão e não correr com material na mão.

Finalmente, outro estudo que não realizamos, mas que seria importante, refere-se à viabilidade técnica das propostas dos livros: todos os experimentos são realizáveis do modo como são propostos? Apesar de atualmente se concordar que os experimentos para o ensino de ciências não precisam necessariamente levar às conclusões estabelecidas pelo autor da proposta, nem aos resultados esperados – o que poderia contribuir para gerar um ambiente mais polêmico durante a realização da atividade, garantindo, ao menos em tese, maiores desafios aos alunos e maior envolvimento de sua parte para a resolução dos problemas apresentados –, é preciso lembrar que nem sempre os experimentos são propostos de modo a criar tais situações de discussão em sala de aula. Como vimos, há propostas que visam a somente convencer os alunos de que certos fenômenos realmente acontecem, tendo seu valor e sua adequação para o ensino de certos temas. Nestas ocasiões, seria muito frustrante ao professor e aos alunos que a atividade não levasse a conclusões aproveitáveis naquele momento. Trabalhos que investigassem este tipo de problema nas atividades propostas pelos livros poderiam dar subsídios aos autores e aos professores para que estas dificuldades sejam eliminadas em próximas edições das obras ou nas aulas.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegamos finalmente ao momento de concluir este trabalho: um momento de ir além das informações registradas nos capítulos anteriores, extraindo delas as propostas para o rumo futuro de uma história que não cessa de ser escrita e reescrita.

Após termos estudado os livros didáticos de Ciências e as atividades de experimentação para o ensino, de ter definido um tema para a pesquisa envolvendo estes dois objetos e de ter realizado tal investigação, somos tentados a canalizar os resultados desta experiência para a sugestão de uma série de medidas a serem empreendidas.

Lembremos primeiro de algumas considerações do primeiro autor que citamos neste trabalho, Hilário Fracalanza:

Embora muitos e diversificados sejam os estudos sobre o livro didático de Ciências no Brasil, poucas são as sugestões feitas pelos trabalhos visando reduzir ou solucionar, mesmo que parcialmente, os aspectos quase sempre negativos que evidenciam (2006a, p. 182).

Conforme se verifica [...], parte significativa dos trabalhos que constituem a produção acadêmica e científica sobre o livro didático de Ciências no Brasil (pouco menos de 1/3 deles – 24 documentos) *propõe alternativas* aos livros didáticos. [...] Apenas 1/10 dos trabalhos (8 documentos) *sugere modificações* para os livros didáticos estudados. Além destes, poucos trabalhos sugerem aspectos relacionados à *seleção* (1 documento) e ao *uso* (4 documentos) desses recursos didáticos.

Entretanto, pouco mais da metade dos trabalhos (39 trabalhos – 51,3%) *não fazem sugestões*, isto é, nem propõem alterações nos livros didáticos nem sugerem alternativas aos problemas que detectam nos compêndios analisados (2006a, p. 183, grifos do autor).

Tendo consciência desta situação, não nos é permitido finalizar este trabalho sem um esforço para contemplar todos estes aspectos mencionados por Fracalanza. Sendo assim, encerraremos este capítulo final com três seções: na primeira, comentaremos os resultados do capítulo anterior de um modo geral, como que o resumindo; na segunda, buscaremos propor sugestões que envolvam a alteração da organização e do funcionamento das escolas, tendo em vista os resultados obtidos em nossa pesquisa; finalmente, fecharemos o capítulo e a dissertação com algumas considerações relacionadas à questão da formação dos professores nas universidades brasileiras.

6.1 CONCLUSÕES À LUZ DOS RESULTADOS

Com relação à nossa primeira questão: - a ausência de *experimentação* tem sido uma característica dos livros didáticos brasileiros? – [...] a presença de experimentação basicamente não caracterizou os 28 livros analisados pois, detectamos simplesmente 34% e 14% de generalizações relacionadas com fatos através de experiência ilustrativa nas tendências dos livros do segundo e quinto períodos respectivamente. Além disso, constatamos somente 1% de generalizações relacionadas com fatos através de *experiência investigativa*, decorrente de um único livro dentre os 28 analisados. Em vista disso, podemos genericamente responder que naqueles livros brasileiros por nós analisados, a *ausência de experimentação* constitui uma característica e, em decorrência, podemos também dizer que, no geral, tais livros contribuem para veicular uma imagem da Química como *ciência de quadro negro* e não como ciência experimental (SCHNETZLER, 1980, p. 112).

Passados quase 30 anos desde este estudo pioneiro de Roseli Schnetzler, podemos realizar uma interessante comparação entre os resultados de sua pesquisa e os nossos resultados. Percebemos que o cenário atual de livros didáticos para o ensino fundamental, na disciplina de Ciências, é composto por dois conjuntos de obras: as que dão alguma atenção à experimentação no ensino, propondo um número razoável de experiências envolvendo transformações químicas em cada nível do ensino fundamental; e as que não dão tanta importância ao contato dos estudantes com fenômenos químicos através de experimentos. O primeiro conjunto está praticamente todo representado por obras aprovadas na última edição do Programa Nacional do Livro Didático para livros de 1ª a 4ª séries: as coleções 4, 7, 2 e 9, por exemplo, chegam a propor em média seis ou mais experimentos com transformações químicas por série. O outro conjunto é composto majoritariamente por obras excluídas por esta avaliação do MEC, embora coleções aprovadas como as de número 5 e 8 não proponham mais do que dois experimentos que envolvem química, em média, por ano das séries iniciais

do ensino fundamental. Assim, percebemos que as obras que menos contribuem para uma visão de *Química como ciência do quadro negro*, felizmente, acabaram sendo melhor avaliadas pelos pareceristas do PNLD/2007, estando entre os livros atualmente presentes nas instituições escolares.

Porém, se isso indica que a Química está recebendo um adequado tratamento experimental em termos *quantitativos* por certos autores de livros didáticos para as séries iniciais, o mesmo não se pode afirmar em termos *qualitativos*. Nesse quesito, as afirmações de Schnetzler continuam quase tão válidas como à época em que foram divulgadas: entre 403 propostas de experimentos com transformações químicas, apenas pouquíssimas delas (as quatro propostas classificadas na categoria V de Pella) poderiam ser consideradas como *de fato* propostas de experimentos investigativos. Considerando o conjunto das coleções aprovadas no PNLD, contando ainda com os experimentos da categoria IV de Pella (ao todo seis propostas), apenas oito em 182 propostas de atividades estariam em maior consonância com os ideais contemporâneos para um ensino experimental de ciências. Novamente, deixemos claro que não esperávamos nem desejávamos que os livros apresentassem somente experimentos de caráter investigativo aos alunos. Seria salutar, no entanto, que este tipo de proposta se fizesse mais presente entre as coleções. Em vez disso, temos um cenário em que apenas cinco das 12 coleções aprovadas no PNLD/2007 apresentam propostas com estas características, pelo menos no conjunto de atividades com a presença de transformações químicas. As demais sete coleções (além de nada menos que 23 das 25 coleções excluídas do PNLD) apresentam somente experimentos em que se exige dos alunos pouco além do seguimento dos passos de uma receita, o que acreditamos colaborar para uma visão distorcida do que seriam as transformações químicas e de como estudá-las experimentalmente. Impossível não relacionar esta distorção à naturalização de certas noções equivocadas ou impróprias sobre o fazer científico, por exemplo, concepções empiristas-indutivistas sobre a natureza da ciência. Arriscamo-nos a dizer que obras em que as atividades experimentais propostas se resumem a simples verificações ou comprovações de fatos acabam por exercer – de modo prejudicial – sua função ideológica e cultural, colaborando para a aceitação de cientificismos.

Quanto às contribuições destas atividades experimentais para um ensino de Química no início da escolaridade, percebemos que apenas três coleções (duas aprovadas) das 37 avaliadas no PNLD atendem ao que chamamos de *perfil ideal* de apresentação da ciência química através dos experimentos. Neste perfil, as atividades se mostram progressivamente mais relacionadas aos tópicos do currículo e mais caracterizadas enquanto estudos dos

fenômenos químicos. Por outro lado, a maioria das coleções adota um *perfil sem evolução* quanto ao tratamento destes fenômenos, como que estagnando o avanço do tratamento, através de atividades experimentais, de diversos fenômenos naturais como processos em que ocorrem transformações químicas. Um número significativo de obras, ainda, apresenta outros perfis, sendo muitos deles caracterizados por uma abordagem da Química e das transformações químicas restrita ao âmbito de apenas uma das quatro séries destes ciclos do ensino fundamental. Guedes (1992, p. 89), analisando a distribuição de termos químicos em livros didáticos de Ciências para todo o ensino fundamental, verifica esta tendência a uma abordagem descontínua da Química:

Podemos constatar na reunião das coleções que a variação das proporções de termos químicos por série não é crescente como esperada. A heterogeneidade da distribuição das proporções de termos químicos parece sugerir um tratamento bastante irregular no texto dos livros didáticos avaliados. Tal fato pode estar associado ao destaque biológico exagerado no ensino de ciências de primeiro grau. Porém podemos inferir que há um descaso na apresentação de conceitos químicos que não evoluem e não têm chance de ser bem elaborados ao longo das oito séries do primeiro grau. O aluno só tem chance de trabalhar os termos químicos efetivamente na quinta e na oitava série. Um espaço de dois anos, para alunos não repetentes, entre estas séries esvazia o contacto com a terminologia química que talvez retorne, desagradavelmente na oitava série, com um número muito maior de detalhes e um novo modelo explicativo para ser assimilado.

Concordando com as considerações deste autor, acreditamos que as abordagens características dos perfis que não o perfil ideal de apresentação dos fenômenos químicos colaboram para um tratamento incompleto da Química. Neste ponto, podemos retomar a pergunta que abriu a apresentação deste trabalho: *O que faz com que os estudantes da educação básica passem a sentir aversão pelos conteúdos das disciplinas que tratam do conhecimento químico, de modo que, egressos do ensino médio, não compreendem os fundamentos da Química e não conseguem aproveitá-la para seu cotidiano?* Considerando as contribuições dos livros didáticos para o ensino de Química, podemos supor que desde o início da escolaridade, nas séries iniciais do ensino fundamental, são raros os esforços para a caracterização da Química como uma ciência relevante, presente em diversos fenômenos naturais de nosso cotidiano e útil para um melhor relacionamento entre o homem e o ambiente.

Entendemos que a Química não pode se resumir a uma ciência do quadro negro, devendo ser vivenciada e explorada pelos alunos em oportunidades para a realização de atividades no próprio espaço escolar, onde se espera que os fenômenos sejam observados com o olhar do conhecimento científico, em contraposição às observações ingênuas e

assistemáticas do senso comum. Além disso, acreditamos que o conhecimento químico deva estar presente em todos os momentos do ensino de ciências: a Química não pode continuar sendo apresentada como somente a ciência da classificação de átomos e moléculas em categorias sem significado, ou lidando com cálculos difíceis e irreais. Trata-se um corpo de conhecimentos muito mais amplo, complexo, útil e, porque não, belo: lida com o mundo microscópico das moléculas, átomos e elétrons, mas seu conhecimento nos auxilia a compreender a essência de um ambiente em constantes transformações, em que a ciência se esforça para encontrar regularidades e padrões. A Química não pode ser apresentada aos educandos, cidadãos do futuro e do *presente*, como o distante ofício de certos especialistas, mas sim como a ciência que estuda a reciclagem dos materiais do ambiente, os diversos processos que ocorrem em nossos corpos ininterruptamente, a história da constituição de nosso planeta, as técnicas para produção de alimentos e bens, etc. Mas se isso não ocorre,

Os poucos alunos que conseguem terminar o primeiro grau certamente não terão acesso ao conhecimento científico de nossos dias. Destes, aqueles que ingressarem no segundo grau terão, certamente, sérias dificuldades em Química. Isto nos faz compreender o significado de uma famosa frase: - *odeio Química!* As razões deste sentimento tão profundo, sem dúvida, têm suas raízes no discurso do livro didático e na aula ministrada em ciências, no primeiro grau (GUEDES, 1992, p. 161).

Fazemos questão de ressaltar a importância dos *conteúdos* (especificamente os conteúdos do conhecimento químico) para a apropriação da cultura científica e de um comportamento científico. Tratando da educação básica para as camadas populares – já que os livros que estudamos são justamente os destinados a estas camadas, de onde provêm os alunos das escolas públicas –, não podemos ignorar a importância destas apropriações para alguma possibilidade de emancipação destes que são os menos favorecidos:

contra essa tendência de aligeiramento do ensino destinado às camadas populares nós precisamos defender o aprimoramento exatamente do ensino destinado às camadas populares. Essa defesa implica na prioridade de conteúdo. Os conteúdos são fundamentais e, sem conteúdos relevantes, conteúdos significativos, a aprendizagem deixa de existir, ela se transforma num arremedo, ela se transforma numa farsa. Parece-me, pois, fundamental que se entenda isso e que, no interior da escola, nós atuemos segundo essa máxima: a prioridade de conteúdos, que é a única forma de lutar contra a farsa do ensino. Por que esses conteúdos são prioritários? Justamente porque *o domínio da cultura constitui instrumento indispensável para a participação política das massas*. Se os membros das camadas populares não dominam os conteúdos culturais, eles não podem fazer valer seus interesses, porque ficam desarmados contra os dominadores, que se servem exatamente desses conteúdos culturais para legitimar e consolidar sua dominação. Eu costumo, às vezes, enunciar isso da seguinte forma: o dominado não se liberta se ele não vier a dominar aquilo que os dominantes dominam. Então, dominar o que os dominantes dominam é condição de libertação (SAVIANI, 1993, p. 65-66, grifo nosso).

Cabe-nos buscar responder, neste momento, qual tem sido a colaboração do Programa Nacional do Livro Didático para o processo de levar, através dos livros escolares, estes conteúdos científicos e culturais às camadas populares.

Nossa análise demonstrou que o PNLD (ou ao menos sua edição de 2007) exerce uma influência *positiva* para o ensino formal de ciências no Brasil, por realmente selecionar parte da produção editorial de livros didáticos com melhores condições de prover os estudantes com conhecimentos relevantes (ao menos no caso dos conhecimentos químicos). Considerando as coleções didáticas como aprovadas ou excluídas do PNLD, as principais diferenças que encontramos entre estes conjuntos foram:

- As coleções aprovadas apresentam, em média, 172% mais propostas de atividades experimentais com reações químicas que as coleções excluídas;
- As coleções aprovadas, com exceção de duas, apresentam estas propostas em todos os quatro volumes para as séries iniciais do ensino fundamental. Isso não é uma característica das coleções excluídas, em que boa parte não propõe tais experimentos para todas as séries (12 das 25 coleções), havendo inclusive uma coleção que não os propõe em nenhuma das séries;
- Concentra-se nas coleções aprovadas o conjunto de livros com as categorias mais altas de Pella (categorias IV e V), em que se classificam oito propostas. Há apenas duas atividades destas categorias no conjunto das coleções excluídas;
- As coleções excluídas sempre apresentam menor equilíbrio entre atividades das diversas categorias de Pella, apresentando uma ênfase maior na categoria III em relação ao conjunto das coleções aprovadas;
- Com o progresso das séries, o conjunto das coleções excluídas propõe proporções gradativamente maiores de atividades de demonstração experimental (categoria I). Nas coleções aprovadas, o aumento das demonstrações com o passar das séries é mais discreto;
- Entre as coleções aprovadas há livros que propõem experimentos mais investigativos já no primeiro ciclo do ensino fundamental. Nas coleções excluídas, isso só acontece no segundo ciclo;
- O conjunto das coleções aprovadas inicia a caracterização das transformações observadas nas atividades como sendo de natureza química

já a partir da 2ª série; no conjunto das coleções excluídas, isso ocorre de modo incipiente, sendo feito efetivamente a partir da 3ª série;

- A categoria E, em que diversos fenômenos naturais são trabalhados como transformações químicas, tem uma presença muito mais acentuada entre as coleções aprovadas;
- Considerando os perfis de apresentação da Química através das atividades experimentais, duas das três coleções com o perfil ideal estão no conjunto das aprovadas. Nas excluídas, 72% das coleções apresentam o perfil sem evolução, praticamente não apresentando atividades das categorias D, E e F;
- Considerando as atividades da categoria C, em que são apresentados alguns aspectos gerais de certos fenômenos da natureza, estão no conjunto das aprovadas as três coleções que abordam pelo menos sete classes diferentes destes fenômenos;
- Quanto às atividades da categoria E, estão no conjunto das aprovadas as coleções em que há uma melhor distribuição entre propostas de atividades com as várias classes de fenômenos. Considerando o apoio dos manuais do professor, 60% de 72 atividades da categoria E estão concentradas no conjunto destas coleções.

Apesar disso, permanece a impressão de haver uma certa *padronização* dos livros didáticos:

Como sabemos, os livros didáticos são obras dirigidas a um público perfeitamente definido (os alunos e os professores) e têm suas características determinadas tanto pelo público a que se destinam, quanto pelo uso que deles se fará no ambiente escolar. Mas, como as diversas forças que atuam no sentido da *padronização do sistema escolar* também atuam na produção dos livros escolares, há de se convir que essas forças *acabam por amalgamar os manuais que, então, são organizados conforme padrões preestabelecidos*. Assim, de fato, conforme reconhecem as próprias pesquisas, apenas com raras exceções, os textos didáticos se encaminham para o invariável e seus autores, nos aspectos gerais, acabam por se confundir (FRACALANZA, 2006a, p. 176-177, grifos do autor).

Assim, observamos as seguintes características em comum, considerando o total das coleções estudadas:

- Distribuição entre as categorias de Pella com predomínio da categoria III, seguida pela II e pela I, com presença praticamente nula das categorias IV e V;

- Distribuição entre as categorias relacionadas ao ensino de Química com grande ênfase na categoria C, em todas as séries;
- Quanto às propostas da categoria C, tendência a uma ênfase exagerada sobre apenas duas classes de fenômenos (os relacionados ao desenvolvimento dos vegetais e à decomposição da matéria orgânica), dedicando poucos experimentos ao estudo de outras classes tão importantes quanto estas;
- Tendência à apresentação do perfil sem evolução, quanto à distribuição das categorias de A a F, em 24 das 37 coleções;
- Presença significativa também de outros perfis, em 10 coleções, muitos deles relacionados a uma apresentação “pontual” dos fenômenos químicos, acontecendo em apenas um dos quatro volumes de livros.

O fato destas características serem comuns tanto ao conjunto das coleções aprovadas como ao das excluídas do PNLD/2007 nos permite afirmar que, apesar de positiva, a influência do programa para um melhor ensino de ciências parece *limitada*. Fica a impressão de que, caso nossos objetos de análise sejam representativos da qualidade dos livros em geral, os pareceristas do PNLD/2007 não puderam realizar uma avaliação mais rigorosa das obras sob a pena do conjunto das coleções aprovadas se restringir a duas ou três delas, no final do processo.

Desse modo, acreditamos que não basta que o MEC avalie sistematicamente os livros didáticos antes de comprá-los, pois pesquisas como a nossa evidenciam os limites desta avaliação. Isto reafirma a importância de estudos sobre os livros didáticos – e, principalmente, de uma ampla, cuidadosa e efetiva *divulgação* destes estudos – na esperança de que seus resultados sensibilizem os autores dos compêndios escolares e os alertem para a correção das deficiências apontadas em próximas edições das obras. O grande estoque de críticas aos livros, que não cessam de ser publicadas nos diversos veículos, garantem a necessidade de que os autores continuem reescrevendo as coleções, se esforçando para corrigir suas falhas (nem sempre evitáveis) e manter os conteúdos atualizados.

Porém, a educação brasileira não depende somente de bons livros didáticos. O livro, como já dissemos, é apenas um recurso didático, sendo seu uso mediado pelo professor. Dedicaremos as próximas duas seções a comentar o papel dos mestres, em formação e em atividade, para a realização de um melhor ensino de Química desde o início do ensino fundamental, com ou sem o apoio dos livros didáticos.

6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORGANIZAÇÃO E O FUNCIONAMENTO DAS ESCOLAS BRASILEIRAS

Até agora, nossas considerações sobre os livros didáticos e seu papel como suportes materiais do currículo – função referencial – e indicadores de abordagens metodológicas – função instrumental – consideraram as escolas brasileiras como espaços que reúnem todas as condições para um bom ensino de ciências. Consideramos também que os professores, especificamente os que trabalham com as séries iniciais, estão aptos e preparados para um bom uso dos manuais escolares visando a este ensino.

Deixando esta idealização de lado, discutamos como se dão as coisas na realidade, ainda que tenhamos, em algumas passagens, de versar sobre domínios que transcendem nosso objeto de estudo ou que não derivem propriamente dele e dos resultados obtidos.

Poderíamos iniciar nosso discurso propondo o aumento do repasse de recursos para a educação, o que sem dúvida seria justo e bem-vindo. No entanto, preferimos, neste momento, tratar a realidade escolar como um sistema que necessita, principalmente, de certas reformulações. Maiores investimentos educacionais deveriam servir a estas alterações, pois a atual instituição escolar pública já se mostrou imprópria para garantir um futuro mais justo à maioria dos que a freqüentam.

Myriam Krasilchik, na obra *O professor e o currículo das ciências* (1987), inclui uma seção intitulada *Condições para o melhoramento do ensino das Ciências* no terceiro capítulo desta obra, apresentando os seguintes pontos:

1. Democratização do processo de decisão nas escolas;
2. Equipamento adequado;
3. Construção de laboratórios;
4. Fornecimento de merenda e material escolar aos alunos;
5. Desenvolvimento de programas de aperfeiçoamento para professores;
6. Fornecimento de material de apoio;
7. Aumento do número de horas-atividade;
8. Permissão para que duas aulas seguidas sejam dadas;
9. Elaboração de um currículo mínimo a ser seguido por todas as escolas.

Embora medidas mais recentes já tenham providenciado ou ao menos sugerido a concretização destas condições, muitas delas ainda permanecem como pontos de tensão entre

a realidade escolar e a esfera das decisões do poder público. Consideramos oportuno comentar algumas delas.

Com relação à democratização do processo de decisão das escolas, vê-se que este ponto possui grandes interseções com a questão dos livros didáticos e de sua adoção. Tolentino-Neto (2003), em sua pesquisa em diversas escolas do país, registra que muitos docentes se queixam de suas opiniões não serem ouvidas nem no processo de avaliação das obras pelo PNLD, nem mesmo na escolha das obras através dos guias. Acreditamos que os professores possuem razões legítimas e podem argumentar com clareza em busca de maior participação nas instâncias decisórias, incluindo as que lidem com políticas do tipo do PNLD. Para isso, no entanto, é preciso que adquiram uma verdadeira consciência de *classe*, como conjunto que (organizado politicamente) pode vir a fazer e a conquistar reivindicações. Nossa impressão é a de que instrumentos poderosos que serviriam a este fim, como a organização sindical, ou são completamente ignorados ou são utilizados de modo pouco eficiente, sendo imperativo que tal subaproveitamento seja eliminado.

As sugestões que envolvem a melhoria das condições materiais das escolas são muitas. De modo a se relacionar com o assunto desta dissertação, acreditamos que é preciso trazer novamente ao debate certas reivindicações já antigas, por exemplo, a contratação de auxiliares para os laboratórios científicos escolares e o adequado equipamento destes espaços. O relato de Sicca (1990) transmite a impressão de que à época em que os auxiliares ainda faziam parte do corpo de profissionais das escolas, seu sentido e suas funções não seriam equivalentes às que assumiriam se voltassem, atualmente, a ser contratados pelas instituições. O que podemos afirmar é que, como demonstra a quase totalidade de propostas de experimentos dos livros didáticos que analisamos, é possível realizar diversificadas atividades experimentais empregando-se apenas materiais baratos e acessíveis, típicos de uso doméstico, ao menos no caso das atividades envolvendo transformações químicas. Assim, investimentos exorbitantes na compra e reposição de reagentes, assim como no tratamento de eventuais resíduos tóxicos, não seriam necessários para um adequado aproveitamento do espaço do laboratório escolar. Uma escola de porte médio necessitaria somente de uma pequena renda mensal para as compras de materiais baratos como vinagre, bicarbonato de sódio, fermento biológico, sacarose, velas, esponjas de aço, etc. Instrumentos de laboratório para o trabalho com as séries iniciais também não necessitam ser sofisticados, podendo-se empregar copos no lugar de erlenmeyers, seringas no lugar de pipetas e outras possíveis adaptações. Assim, um eventual técnico laboratorista assumiria os papéis de realizar a reposição e a manutenção periódica dos materiais, podendo administrar o orçamento mensal para o laboratório; organizar

previamente, sob orientação do docente responsável, os materiais para o uso em aulas práticas; limpar os materiais e organizar o laboratório, após seu uso; e, principalmente, participar ativamente do processo de planejamento escolar, engajando-se em um trabalho conjunto com os docentes de modo a gerar uma rica troca de experiências, de que todos (docentes, técnico e alunos) poderiam recolher os frutos.

Indo mais além, pode-se até pensar na hipótese dos técnicos auxiliares, em momentos opostos aos períodos letivos, poderem realizar (junto com alunos voluntariamente interessados) verdadeiros projetos de investigação, como uma espécie de pré-iniciação científica. Neste tipo de programa, de caráter complementar ao ensino formal, os alunos com maior vocação para os assuntos científicos poderiam vivenciar a prática investigativa, buscando resolver problemas de interesse local ou apenas aprofundarem seus estudos, do mesmo modo que alunos com vocação para os esportes retornam às escolas para treinamentos específicos fora dos períodos letivos.

Este tipo de proposta só seria viável, obviamente, em escolas que já dispusessem de espaços que funcionem ou que já funcionaram como laboratórios. Em instituições desprovidas de tal estrutura, seria necessária a construção destes espaços, o que pode levar muito tempo e consumir muito dinheiro. Na verdade, tratando de reformas na estrutura física das escolas, acreditamos que seria preciso uma total reorganização do espaço físico, inclusive com a construção de salas próprias para o planejamento das aulas e o aperfeiçoamento dos docentes. Esta proposta engloba as condições 5, 6 e 7 da lista de Krasilchik, comentada há pouco. Os *espaços para planejamento e formação*, individuais para cada disciplina ou conjunto de disciplinas, deveriam dispor de uma estrutura que possibilitasse (no caso específico para o ensino de ciências) o preparo e o teste de possíveis aulas práticas ou experimentais, assim como um conjunto amplo de referências (enciclopédias, livros técnicos, periódicos do campo da Educação em Ciências, livros didáticos e paradidáticos, etc.) “à mão” dos docentes, além de recursos de informática. Os professores, desde que possibilitados de se dedicarem integralmente ao trabalho em apenas uma escola – condição ainda um tanto quanto utópica nos dias de hoje – revezariam sua atuação na escola entre as salas de aula e os espaços para planejamento e formação. Assim, a presença e o uso adequado destes espaços provocariam uma verdadeira reconcepção do trabalho docente. Sendo ainda suficientemente amplos fisicamente, tais espaços poderiam sediar cursos para a formação continuada dos docentes, promovidos pelas secretarias de educação ou por instituições ligadas a universidades, por exemplo. Tolentino-Neto (2003) registra que é comum que o processo de discussão e escolha dos livros didáticos, nas escolas brasileiras, ocorra de modo confuso e nem sempre

obedecendo às próprias diretrizes e intenções do PNLD – por exemplo, sem o uso do guia para o embasamento das escolhas. Ora, seria muito interessante se os espaços para planejamento e formação sediassem as reuniões para discussão sobre quais coleções didáticas a escola adotará no próximo PNLD. Sonhando por um instante, é possível até vislumbrar um rico debate se desenvolvendo em um destes espaços, nesta situação: imaginemos professores favoráveis à manutenção das coleções didáticas em uso na escola argumentando, com os exemplares à mão (pois estão ao seu alcance, guardados nas estantes de livros didáticos do espaço), em favor das qualidades das obras, enquanto um outro grupo, folheando o guia de livros didáticos, busca apoio em suas considerações para confrontar a proposta dos colegas...

Este tipo de proposta envolve mudanças profundas na organização escolar, exigindo não só a aplicação adequada de recursos financeiros, mas também adaptações no próprio processo de gestão escolar, por exemplo. Trata-se de propostas de longo prazo, apesar de urgentes. Sua realização depende de vontade política, mas não somente por parte de governantes e lideranças, e sim de todos os agentes da educação escolar – o que nos leva novamente ao problema da participação política do corpo docente –, incluindo até mesmo servidores não-docentes e os próprios estudantes.

Sendo propostas de longo prazo, o que se poderia empreender, concretamente, até a chegada deste futuro? Apostamos no papel das universidades para responder a esta pergunta.

6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PAPEL DA UNIVERSIDADE PÚBLICA PARA A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES

A instituição universitária está envolvida numa espécie de caráter místico, apesar de lidar com o que seria, teoricamente, o oposto: a razão, a ciência e o conhecimento. Isso acontece porque a ciência e a tecnologia adquiriram, nos últimos tempos, uma aura mágica, e porque a formação universitária serviu, até bem pouco tempo, de caminho seguro para a ascensão social e profissional. Mas, como instituição social historicamente determinada, ela passa por uma série de transformações e pressões advindas do contexto atual: entram em crise tanto seu papel histórico de produtora de cultura e conhecimentos de forma autônoma e reflexiva, quanto sua vocação a atalho para a ascensão social, enraizada no senso comum da sociedade. Tal crise é, portanto, consequência e ao mesmo tempo parte integrante de uma crise na própria sociedade.

O fragmento reproduzido nesta epígrafe integra o caderno de teses do V Congresso da USP (que infelizmente acabou não ocorrendo) e faz a abertura da tese elaborada pelos estudantes de graduação e pós-graduação do *campus* de São Carlos. Este texto foi elaborado

no seguinte contexto: após um ano marcado por intensas mobilizações, manifestações e debates – o ano de 2007 –, acreditávamos (nós, estudantes) dispor de todas as condições para iniciar um movimento de discussão, reflexão e elaboração de propostas para a superação de uma crise em nossas universidades públicas. Em todos estes momentos, impossível não ter a impressão de que estas instituições, de um modo geral, apenas pontualmente vêm conseguindo desenvolver e compartilhar saberes com meio social que as cerca de modo a contribuir para a correção das distorções e injustiças vigentes.

É curioso como, quase sempre, nossas discussões acabavam por esbarrar em problemas enfrentados por estudantes de nossos cursos de formação de professores, principalmente o curso noturno de Licenciatura em Ciências Exatas. A recorrência a exemplos extraídos da realidade deste curso, e de seus congêneres de outros *campi* e de outras instituições, nos leva a eleger os problemas típicos da formação inicial de docentes como sintomáticos e representativos de uma crise maior nas universidades. Assim, encerramos esta dissertação com algumas reflexões sobre esta crise, articuladas com considerações para a melhoria de nosso ensino de ciências.

Passada a era das licenciaturas no formato “3 + 1” ou “4 + 1” (três ou quatro anos de formação “específica” mais um ano de formação “pedagógica”), causa surpresa que os cursos para a formação inicial de docentes, nas universidades públicas, ainda enfrentem dificuldades que há muito vêm sendo diagnosticadas e criticadas.

Uma delas está ligada à naturalidade com que se aceita a caracterização destes cursos como típicos do período noturno. Sabe-se que, em geral, o estudante de um curso noturno aproveita os períodos em que não assiste aulas para trabalhar, garantindo seu sustento e sua permanência na universidade. Desta situação podem emergir diversas questões, cada uma possibilitando longos debates, e ao menos uma delas gostaríamos de aqui expor: *Como esperar uma dedicação adequada aos estudos, por parte de um estudante/trabalhador, se seu trabalho pouco ou nada tiver a ver com sua área de formação universitária em andamento?* Obviamente, esta questão parte do pressuposto de que um trabalhador sem formação superior, no Brasil, só possa obter rendimentos suficientes para satisfazer suas necessidades materiais (no mínimo) caso trabalhe entre seis e oito horas diárias. Supondo sua participação em um curso para a formação de professores com carga horária semanal de 20 horas (quatro por noite), que tempo lhe sobraria para os estudos complementares, as pesquisas de campo, os estágios supervisionados – sem que tais necessidades comprometessem sua atividade laboral? E como garantir a saúde – entendida como um estado de bem-estar biopsicossocial – de um

estudante/trabalhador que precisa abdicar de seus períodos de lazer e descanso, nos fins de semana, para pôr os estudos em dia?

Entendemos a dificuldade em se equacionar esta situação, principalmente diante da necessidade em se garantir o ingresso de um número de crescente, ano a ano, de estudantes com formação média nos assentos universitários públicos, além da grande demanda do sistema educacional por professores com formação de qualidade. Longe de impor uma simplificação drástica e nada condizente com a realidade, no entanto, nos perguntamos: não seria este o momento da universidade pensar em novos mecanismos para a valorização das licenciaturas plenas, integrando a formação acadêmica dos futuros docentes com a vivência, desde seu ingresso nos cursos, da realidade e do cotidiano escolares? Ora, o que estamos sugerindo vai ao encontro das considerações apontadas na seção anterior, quando afirmávamos a necessidade do aperfeiçoamento constante dos docentes da educação básica. Até que se processe a reforma da organização e do funcionamento dos estabelecimentos de ensino da educação básica, acreditamos que a universidade poderia já iniciar um movimento transformador, interagindo de maneira mais forte com as escolas públicas de ensino fundamental e médio. Uma adequada política de permanência estudantil, por sua parte, poderia viabilizar a participação de professores em formação no dia-a-dia das salas de aula, auxiliando os professores em atividade a planejarem seus cursos e aulas. Esta experiência seria enriquecedora para ambos os docentes, aqueles em formação (que deixariam a universidade com uma bagagem de experiências no magistério muito mais rica do que a proporcionada apenas pelos estágios supervisionados tradicionais) e aqueles em atividade (que estariam em contato com verdadeiros porta-vozes das atualidades do saber acadêmico sobre os processos de ensino e aprendizagem). Experiências assim já vêm sendo testadas com sucesso em algumas IES e devem ser acompanhadas com atenção, já que podem vir a se constituir em novos paradigmas para o complexo processo de formação de profissionais do magistério.

Outro fator a se considerar é o conteúdo curricular destes cursos de formação. No caso das licenciaturas em Pedagogia, habilitando professores para o trabalho como docentes polivalentes nas séries iniciais, surge a delicada questão de como garantir a estes profissionais os conhecimentos específicos necessários para o adequado ensino dos conteúdos culturais, de que fala Saviani (1993). Por mais que o ensino de ciências, nas séries iniciais do ensino fundamental, apresente um nível de complexidade reduzidíssimo em comparação ao que se estuda nas academias e se investiga nos laboratórios, vimos, ao longo desta dissertação, que há determinados aspectos de seus componentes (por exemplo, o ensino de Química) que

muito dificilmente se esperaria que fossem amplamente dominados pelos docentes polivalentes. Para este velho dilema também não há solução imediata ou “mágica”, mas, especificamente para a introdução de um melhor ensino de Química no início do ensino fundamental, apostamos no que dizem Zanon e Palharini (1995, p. 17):

Ao questionarmos o lugar da química no ensino fundamental, estamos dirigindo a discussão aos professores de química, na expectativa de que, com uma postura mais aberta, venham a subsidiar aqueles que atuam nas séries iniciais, em busca de uma educação química mais ampla e continuada, cientes de que a aprendizagem, em cada série/nível, não se esgota no imediatismo da série/nível seguinte.

Taddei (2003) nos dá um exemplo da possibilidade de sucesso na integração entre docentes da educação básica (no caso, infantil) e especialistas com formação específica, visando ao desenvolvimento de atividades que repercutam em um adequado contato inicial com o conhecimento científico, por parte dos educandos. Conforme relata esta autora, à página 98 de sua dissertação,

Quando se considera a possibilidade de professoras da pré-escola, e até mesmo de séries posteriores, tratarem de Ciências em suas aulas, deve-se ter em mente que elas, muitas vezes, têm medos e receios com relação aos seus conhecimentos científicos, o que pode influenciar seus alunos ou simplesmente não despertá-los para as Ciências.

Na tentativa de vencer tais dificuldades, priorizou-se trocar experiências entre as especialistas considerando as crianças como centro das atenções. A cooperação entre as professoras foi grande, o que facilitou o trabalho com as crianças.

Mais uma vez, afirma-se a necessidade das IES incentivarem tais momentos de integração, vantajosos para todos os envolvidos.

Sobre a presença do livro didático nos currículos dos cursos de formação inicial, como material cujo uso pode ser indicado ou criticado, relatamos duas experiências que acompanhamos de perto, no âmbito dos cursos de Licenciatura em Ciências Exatas e Licenciatura em Matemática, ambos do *campus* de São Carlos da USP. Estes cursos, atualmente, contam em suas grades curriculares com disciplinas específicas para o estudo e a análise dos livros didáticos²⁸. Gostaríamos de registrar que, principalmente no curso para a formação de professores de Matemática, a análise crítica de livros foi um processo envolvente, prazeroso e construtivo²⁹. Enquanto alunos, tomamos conhecimento das principais problemáticas sobre os livros escolares brasileiros, além de termos estudado

²⁸ Atualmente são as disciplinas SLC0589-Introdução às Técnicas Educacionais B, para a Licenciatura em Ciências Exatas; e SMA0337-Análise Crítica de Livros Didáticos, para a Licenciatura em Matemática.

²⁹ Neste processo, tiveram fundamental importância a dedicação e a organização da docente responsável pela disciplina, Miriam Cardoso Utsumi, o que fazemos questão de ressaltar.

questões relacionadas ao PNLD e ao PNLEM e de, finalmente, prepararmos nós mesmos as fichas para nossa avaliação das obras. O processo de análise dos livros escolhidos levou a resultados surpreendentes, que cada grupo de trabalho teve o prazer de compartilhar com toda a turma. Acreditamos que esta experiência tenha contribuído para a formação de docentes mais conscientes sobre as limitações inerentes às coleções didáticas, colaborando para que, no futuro, utilizem os livros de modo mais crítico e adequado.

Nesta perspectiva, embora tenhamos ressaltado anteriormente a importância de um contínuo processo de crítica e revisão das obras didáticas, entendemos que falta um maior engajamento, principalmente por conta dos acadêmicos (incluindo os professores em formação), para a produção própria de materiais didáticos para a educação básica. O incentivo institucional a estas iniciativas – que, muito além de uma simples manufatura de compêndios, deve envolver profundos movimentos de investigação sobre tópicos como aprendizagem dos conteúdos e transposição didática – é fundamental, envolvendo investimentos e incentivando/viabilizando parcerias com escolas, diretorias de ensino e secretarias de educação para a produção e a divulgação dos materiais.

Finalmente, gostaríamos de indicar a necessidade dos cursos de formação irem além do preparo para o exercício profissional. Mais do que a dedicação aos estudos e ao aprendizado dos necessários saberes científicos (específicos e pedagógicos), é preciso que se abram mais oportunidades para que os docentes em formação vivenciem a riqueza da produção artística e cultural que floresce na universidade. Ainda, em direção a uma maior consciência política (o que apontamos na seção anterior como condição para a melhoria do ensino de ciências) por parte destes futuros profissionais, é preciso incentivar suas experiências de contato, *por exemplo*, com entidades e organizações estudantis e instâncias de representação de classe. Acreditamos que estes momentos possam contribuir para a formação de um conceito mais completo de cidadania, envolvendo a participação ativa na luta por direitos, caracterizando a verdadeira democracia. Em um mundo em que colapsos políticos, econômicos, sociais e ambientais ocorrem cada vez mais frequentemente, uma educação científica e tecnológica mais consciente do poder da participação política ativa pode vir a se converter em um importante instrumento para alguma perspectiva de mudança, em direção a um mundo menos injusto.

* * *

Pedindo licença para um uso final da primeira pessoa, dirijo-me aos acadêmicos, solicitando que reflitam: que tipo de sociedade desejamos para o futuro, se a educação básica

ainda carece de atenção e valorização? A universidade pode mesmo modificar esta situação, se a educação superior pública permanecer em uma redoma, em que os exames vestibulares praticamente restringem seu acesso a uma elite pouco representativa da diversidade cultural do “mundo lá fora”? A que fins atende o desenvolvimento de conhecimentos, que temos praticado, nestes espaços públicos? Como esperar que os docentes egressos destas universidades venham a formar cidadãos para o futuro e para o presente, se nem eles mesmos têm grandes chances de refinar seu conceito de cidadania durante sua formação?

Na esperança de que trabalhos como esta dissertação não se tornem, em pouco tempo, novos catálogos de chavões para o ensino de ciências e para a educação em geral, proponho estas questões e encerro com um apelo: reflitamos mais sobre nossas responsabilidades para com o mundo que nos cerca e para com as mazelas que criticamos.

REFERÊNCIAS

AEBLI, H. **Prática de ensino**: formas fundamentais de ensino elementar, médio e superior. Tradução de Edwino Aluysius Royer. São Paulo: EPU/Edusp, 1982. 387 p.

ALMEIDA, A. V.; SILVA, L. S. T.; BRITO, R. L. Desenvolvimento do conteúdo sobre insetos nos livros didáticos de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2008.

ALMEIDA, R.; FALCÃO, D. **Brincando com a ciência**: experimentos interativos de baixo custo. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 1996. 232 p.

AMARAL, I. A. Os fundamentos do ensino de ciências e o livro didático. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. 220 p.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências. In: NARDI, R. (Org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998. 104 p. (Educação para a ciência, v. 2).

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Ignez Caraceli *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2001. 914 p.

BAUER, M. W. Análise de conteúdo clássica: uma revisão. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático. Tradução de Pedrinho A. Guareschi. Petrópolis: Vozes, 2002. 516 p.

BELLINI, M.; FRASSON, P. C. Ciência e seu ensino: o que dizem os cientistas e os livros didáticos sobre o HIV/AIDS?. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 3, p. 261-274, 2006.

BITTENCOURT, C. M. F. Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810-1910). **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 475-491, 2004.

BORGES, G. L. A. **Utilização do método científico em livros didáticos de ciências para o 1º grau**. 1982. 2 v. Dissertação (Mestrado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1982.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no Guia de Livros Didáticos de 1ª a 4ª série do PNLD/2007**. Brasília, 2004. Disponível em: <ftp://ftp.fnde.gov.br/web/editais_licitacoes/edital_pnld_2007.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Livro didático**. Brasília, 2009. Disponível em <http://www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=livro_didatico.html>. Acesso em 4 jan. 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros curriculares nacionais** – primeiro e segundo ciclos do ensino fundamental: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998. 136 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia do livro didático 2007**: Ciências: séries/anos iniciais do ensino fundamental. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2006. 96 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guias do Programa Nacional do Livro Didático**. Brasília, 2009. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=content&task=view&id=377>>. Acesso em 4 jan. 2009.

BORGES, R. M. R.; MORAES, R. (Orgs.). **Educação em ciências nas séries iniciais**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998. 222 p.

CAMPOS, A. F.; LIMA, E. N. Ciclo do nitrogênio: abordagem em livros didáticos de ciências do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 35-44, 2008.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciências e epistemologia genética. **Viver mente&cérebro**: memória da pedagogia. Rio de Janeiro, n. 1, p. 50-57, 2005.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R C. **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998. (Pensamento e ação no magistério). 199 p.

CASSIANO, C. C. F. Aspectos políticos e econômicos da circulação do livro didático de História e suas implicações curriculares. **História**, São Paulo, v. 23, n. 1-2, p. 33-48, 2004.

CATELLI JUNIOR, R. **Livro didático e ideologia**. São Paulo: Abrale, 2008. Disponível em: < http://abrale.com.br/biblioteca/Ideologia_e_livro_didatico.doc>. Acesso em: 01 jan. 2009.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993. 225 p.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 65-70, 2007.

CHANG, R. **Química geral**. Tradução de Maria José Ferreira Rebelo *et al.* 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006. 778 p.

CHAUÍ, M. **Convite à filosofia**. 13. ed. São Paulo: Ática, 2004. 424 p.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

COPORALINI, M. B. S. C. Na dinâmica interna da sala de aula: o livro didático. In: VEIGA, I. P. A. (Coord.). **Repensando a didática**. 12. ed. Campinas: Papirus, 1996. 158 p.

CORRÊA, R. L. T. O livro escolar como fonte de pesquisa em História da Educação. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 20, n. 52, p. 11-24, 2000.

CUNHA, M. C. C. Analogias nos livros de ciências para as séries iniciais do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 1-15, 2006.

CUSTÓDIO, J. F.; PIETROCOLA, M. Princípios nas ciências empíricas e o seu tratamento em livros didáticos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 383-399, 2004.

DE JONG, O. Los experimentos que plantean problemas em las aulas de química: dilemas y soluciones. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 305-314, 1998.

DIAS, R. R.; ABREU, R.G. Discursos do mundo trabalho nos livros didáticos do ensino médio. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 32, p. 297-307, 2006.

ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 13., 2006, Campinas. **Programa e resumos...** Campinas: FE/Unicamp, 2006. 108 p.

ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Programa e resumos...** Curitiba: UFPE/DQ, 2008. 123 p.

FERNANDES, A. T. C. Livros didáticos em dimensões materiais e simbólicas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 531-545, 2004.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 2128 p.

FERREIRA, A. M.; SOARES, C. A. A. A. Aracnídeos peçonhentos: análise das informações nos livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 2, p. 307-314, 2008.

FERREIRA, H. R. Reflexões sobre a escolha do livro didático. **Revista de Ciências da Educação**, Bauru, n. 3, p. 187-199, 2000.

FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. Análise de livros didáticos em ciências: entre as ciências de referência e as finalidades sociais da escolarização. **Educação em Foco**, Juiz de Fora, v. 8, n. 1-2, p. 65-78, mar. 2003/fev. 2004. Disponível em: <<http://www.faced.ufjf.br/revista%20educa%E7%E3o/vol8n12/65.htm>>. Acesso em: 23 dez. 2008.

- FLAVELL, J. H. **A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget**. Tradução de Maria Helena Souza Patto. São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2001. 479 p.
- FONSECA, M. O Banco Mundial como referência para a justiça social no terceiro mundo: evidências do caso brasileiro. **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 37-69, 1998.
- FRACALANZA, H. **O que sabemos sobre os livros didáticos de ciências no Brasil**. 1992. 293 f. Tese (Doutorado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1992.
- FRACALANZA, H. Livro didático de Ciências: novas ou velhas perspectivas. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. 220 p.
- FRACALANZA, H. O ensino de ciências no Brasil. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. 220 p.
- FRACISCO, C. A. **A produção do conhecimento sobre o ensino de química no Brasil: um olhar a partir das Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- FRANCO, M. L P. B. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Brasília: Liberlivro, 2005. 72 p.
- FREITAG, B; MOTTA, V. R; COSTA, W. F. **O livro didático em questão**. 2. ed. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1989. 159 p. (Educação contemporânea).
- FRIZZO, M. N.; MARIN, E. B. **Ensino de Ciências nas séries iniciais**. Colaboração de Emília Barcelos Nascimento e Margueta Sofia Schnitzler. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 1989. 112 p. (Ensino de 1. grau. Biblioteca do professor, v. 10).
- GADOTTI, M. Impacto da dívida externa na política educacional brasileira. In: ROMÃO, J. E. (Org.). **Dívida externa e educação para todos**. Campinas: Papirus, 1995. 142 p.(Educação internacional).
- GARCIA-MILÁ, M. O ensino e a aprendizagem das ciências físico-naturais: uma perspectiva psicológica. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALACIOS, J. (Orgs.). **Desenvolvimento psicológico e educação**: 2. Psicologia da educação escolar. Tradução de Fátima Murad. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 472 p.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2005. 327 p.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, 1999.

GIRALDI, P. M.; SOUZA, S. C. O funcionamento de analogias em textos didáticos de Biologia: questões de linguagem. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 9-17, 2006.

GONÇALVES, F. P. **O texto de experimentação na educação em Química**: discursos pedagógicos e epistemológicos. 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)-Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GONÇALVES, P. W. Indicadores da presença de conteúdos de História e Filosofia da Ciência em livro de texto de Geologia Introdutória. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 41-52, 2005.

GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. **Projetos**. Disponível em: <<http://gepeq.iq.usp.br/projetos/projetos.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

GUEDES, M. F. **Análise de conteúdo de livros didáticos de ciências**: os termos químicos apresentados e suas representações possíveis. 1992. 209 f. Dissertação (Mestrado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

GURGEL, C. M. A. A experimentação em sala de aula e a construção do conhecimento pelo aluno. In: TOMAZELLO, M. G. C.; SCHIEL, D. (Orgs.). **O livro da Experimentoteca**: educação para as Ciências da Natureza através de práticas experimentais. Piracicaba: VITAE/UNIMEP/USP, 1998. 207 p.

HIRSCHBERGER, J. **História da filosofia na Antigüidade**. Tradução de Alexandre Correia. 2. ed. São Paulo: Herder, 1957. 327 p.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Educational philosophy and theory**, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988. Tradução de Paulo Alves Porto. Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/palporto/TextoHodsonExperimentacao.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2008.

- HÖFLING, E. M. A trajetória do Programa Nacional do Livro Didático do Ministério da Educação no Brasil. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. 220 p.
- KAMEL, C.; DE LA ROCQUE, L. As histórias em quadrinhos como linguagem fomentadora de reflexões – uma análise de coleções de livros didáticos de ciências naturais do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 6, n. 3, p. 1-15, 2006.
- KOOGAN, A.; HOUAISS, A. **Enciclopédia e dicionário**. Rio de Janeiro: Delta, 1999. 1730 p.
- KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Tradução de Marcio Ramalho. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991. (Campo teórico). 288 p.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987. 84 p. (Temas básicos de educação e ensino).
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.
- KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre o cientista entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 15, p. 11-18, 2002.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 7. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003. 257 p. (Debates, 115).
- LAJOLO, M. Livro didático: um quase manual de usuário. **Em Aberto**: livro didático e qualidade de ensino, Brasília, v. 16, n. 69, p. 3-9, 1996.
- LEÃO, F. B. F. **O que avaliam as avaliações de livros didáticos de Ciências – 1ª a 4ª séries do Programa Nacional do Livro Didático?**. 2003. 218 f. Dissertação (Mestrado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 74, n. 177, p. 309-334, 1993.
- MAHAN, B. H. **Química**: um curso universitário. Tradução de Ebe Barbieri Melardi *et al.* 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1978. 624 p.

MARTINS, E. F.; GUIMARÃES, G. M. A. As concepções de natureza nos livros didáticos de Ciências. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 1-14, 2002.

MASON, P. Chemistry of cement. **Journal of Chemical Education**, Bellmawr, v. 83, n. 10, p. 1472A-1472B, 2006.

MEGID NETO, J. **Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de ciências no nível fundamental**. 1999. 2 v. Tese (Doutorado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (Orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. 220 p.

MICHAELIS: **Moderno dicionário de língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 1998. 2267 p. (Dicionários Michaelis).

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986. 119 p. (Temas básicos de educação e ensino).

NASCIMENTO, T. G. O discurso da divulgação científica no livro didático de ciências: características, adaptações e funções de um texto sobre clonagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 15-28, 2005.

NICOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. R. de. A disciplina e o conteúdo de cinemática nos livros didáticos de física do Brasil (1801 a 1930). **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 275-298, 2008.

NUNES-MACEDO, M. S. A.; MORTIMER, E. F.; GREEN, J. A constituição das interações em sala de aula e o uso do livro didático: análise de uma prática de letramento no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 18-29, 2004.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1993. 111 p. (Pensamento e ação no magistério).

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado em Física)-Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PENA, P. **A experimentação nos livros didáticos de ciências das séries iniciais do ensino fundamental**. 2000. 166 f. Dissertação (Mestrado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2000.

PFROMM NETTO, S.; ROSAMILHA, N.; DIB, C. Z. **O livro na educação**. Rio de Janeiro: Primor/INL, 1974. 256 p.

PINHEIRO da SILVA, P. G.; CAVASSAN, O. A influência da imagem estrangeira para o estudo da botânica no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2004.

PINHO ALVES, J. **Atividades experimentais – do método à prática construtivista**. 2000. 312 f. Tese (Doutorado em Educação)-Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PORLÁN ARIZA, R. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 1, p. 175-185, 1998.

QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, n. 30, nov. 2008. 74 p.

RIBEIRO, R. M. L.; MARTINS, I. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 293-309, 2007.

ROSSI, P. **A ciência e a filosofia dos modernos**: aspectos da revolução científica. Tradução de Álvaro Lorencini. São Paulo: Unesp, 1992. 387 p.

RUSSEL, J. B. **Química geral**. Tradução de Divo Leonardo Sanioto *et al.* São Paulo: McGraw-Hill, 1981. 897 p.

SALVADOR, C. C.; GÓMEZ ALEMANY, I.; MARTI, E.; MAURI MAJÓS, T.; MIRAS MESTRES, M. **Psicologia do ensino**. Tradução de Cristina Maria de Oliveira. Porto Alegre: Artmed, 2000. 408 p.

SANDRIN, N. F. N.; PUORTO, G.; NARDI, R. Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos para a Educação Básica. In: NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R. E. S. (Orgs). **Pesquisas em ensino de Ciências**: contribuições para a formação de professores. 5. ed. São Paulo: Escrituras, 2004. 254 p. (Educação para a ciência, v. 5).

SANTOS, J. C.; ALVES, L. F. A.; CORRÊA, J. J.; SILVA, E. R. L. Análise comparativa do conteúdo Filo Mollusca em livro didático e apostilas do ensino médio de Cascavel, Paraná. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 311-322, 2007.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. 27. ed. Campinas: Autores Associados, 1993. 101 p. (Polêmicas do nosso tempo).

SCHNETZLER, R. P. **O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de Química de 1975 a 1978**. 1980.182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1980.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil - conquistas e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 27-31, 1995.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SICCA, N. A. L. **A experimentação no ensino de química – 2º grau**. 1990. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 141-159, 2008.

SILVA, M. A. Avaliar a avaliação: um caminho para aperfeiçoar o Programa Nacional do Livro Didático. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, n. 46, p. 399-405, 2007.

SILVA, M. M.; TEIXEIRA, P. M. M.; JUCÁ-CHAGAS, R. Análise crítica do enfoque adotado sobre o conteúdo peixes em livros didáticos de ciências. In: TEIXEIRA, P. M. M. (Org.). **Ensino de Ciências: pesquisas e reflexões**. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 143 p.

STEPAN, N. **Gênese e evolução da ciência brasileira: Oswaldo Cruz e a política de investigação científica e médica**. Revisão de N. D. Giovanni e Aparício Fernandes. Rio de Janeiro: Artenova, 1976. 188 p.

SUCCI, C. M.; WICKBOLD, D.; SUCCI, R, C. M. A vacinação no conteúdo de livros escolares. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 75-79, 2005.

TADDEI, L. **Uma experiência de ensino de ciências: discutindo a ferrugem na pré-escola**. 2003. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)-Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

THEODORO, M. E. C.; OLIVEIRA, R. C.; FERREIRA, L. H. Experimentos de Química nos livros de didáticos de 1ª a 4ª aprovados pelo PNLD. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Trabalhos científicos...** Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0096-2.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

TOLENTINO-NETO, L. C. B. **O processo de escolha do livro didático de Ciências por professores de 1ª a 4ª séries**. 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TOMAZELLO, M. G. C.; SCHIEL, D. (Orgs). **O livro da experimentoteca: educação para as Ciências da Natureza através de práticas experimentais**. Piracicaba: VITAE/UNIMEP/USP, 1998. 207 p.

TORRES GARCÍA, M. M. *et al.* Un estudio sobre la evaluación de libros didácticos. **Revista Brasileira Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 36-50, 2002.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo**. 2. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução de José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 191 p. (Psicologia e pedagogia).

WADSWORTH, B. J. **Inteligência e afetividade da criança na teoria de Piaget**. Tradução de Esméria Rovai. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1993. 212 p.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O.; A Nova (Moderna) Biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 93-103, 2007.

ANEXO

REFERÊNCIAS DOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS*

Coleção 1

CUNHA, P. C.; RAIMONDI, S. **Ciências**. 2ª ed. rev. e atual. São Paulo: Atual, 2004. (Coleção Curumim, 4 v.).

Coleção 2

PECORARI, A. C. N.; FOGAÇA, M. **COPE – Ciências, observação, pesquisa, experimentação**. São Paulo: Quinteto Editorial, 2005. (Coleção COPE, 4 v.).

Coleção 3

WOLFF, J.; MARTINS, E. **Redescobrir ciências**. São Paulo: FTD, 2005. (Coleção Redescobrir: Ciências, 4 v.).

Coleção 4

COSTA, M. I. T. X.; LEMBO, R. F. **Ciências**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2004. (Coleção Pensar e viver, 4 v.).

Coleção 5

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Ciências**. São Paulo: Ática, 2004. (Coleção Vivência e construção, 4. v.).

Coleção 6

RAMOS, L. M. P. *et al.* **Terra, planeta vida: ciências**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2004. (Coleção Terra, planeta vida, 4 v.).

* Somente as coleções aprovadas no PNLD/2007 e conforme a ordem em que aparecem no guia.

Coleção 7

EDITORA MODERNA. **Projeto Pitangua – ciências**. São Paulo: Moderna, 2005. (Coleção Projeto Pitangua, 4 v.).

Coleção 8

SAMPAIO, F. A. A.; CARVALHO, A. F. **Caminhos da Ciência**: uma abordagem socioconstrutivista. 3. ed. São Paulo: IBEP, 2005. (Coleção Caminhos da ciência, 4. v.).

Coleção 9

SILVA, E. R. S.; BALESTRI, R. D. **Ciências**. São Paulo: Escala Educacional, 2005. (Coleção Conhecer e crescer, 4 v.).

Coleção 10

RICETTO, L. A.; RODRIGUES, R. M. A. **Ciências para crianças**. São Paulo: IBEP, 2005. (Coleção Ciências para crianças, 4 v.).

Coleção 11

SAMPAIO, F. A. A.; CARVALHO, A. F.; ENGELSTEIN, M. **Ciências**. São Paulo: Sarandi, 2005. (Coleção Ponto de partida, 4. v.).

Coleção 12

MORAIS, M. B. *et al.* **Conhecer e gostar**: ciências para você. São Paulo: Dimensão, 2004. (4 volumes para o Ensino Fundamental).