

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
E TECNOLÓGICA**

**A problematização das atividades experimentais no
desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de
professores de Química**

FÁBIO PERES GONÇALVES

Florianópolis, 2009.

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

G635p Gonçalves, Fábio Peres

A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de química [tese] / Fábio Peres Gonçalves ; orientador, Carlos Alberto Marques. - Florianópolis, SC, 2009.

234 f.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação científica e tecnológica. 2. Formação profissional. 3. Educação permanente. 4. Professores de química. 5. Química - Estudo e ensino. I. Marques, Carlos Alberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

CDU 37

**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
Centro de Ciências da Educação
Centro de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica**

Fábio Peres Gonçalves

**A problematização das atividades experimentais no
desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de
professores de Química**

Tese submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do título de doutor em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques

Florianópolis, setembro de 2009.



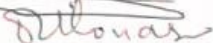
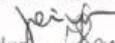
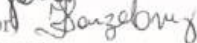



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

“A PROBLEMATIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO
DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL E NA DOCÊNCIA DOS FORMADORES DE
PROFESSORES DE QUÍMICA”

Tese submetida ao Colegiado
do Curso de Doutorado em Educação
Científica e Tecnológica em
cumprimento parcial para a
obtenção do título de Doutor em
Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 25/09/2009

Dr. Carlos Alberto Marques (CED/UFSC - Orientador) 
Dr. João Zanetic (IF/USP - Examinador) 
Dr. Roque Moraes (PPGEA/FURG - Examinador) 
Dr. Demétrio Delizocov Neto (CED/UFSC - Examinador) 
Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz (CFM/UFSC - Examinador) 
Dr. José André Peres Angotti (CED/UFSC - Examinador Suplente)
Drª. Rejane Maria Ghisolfi da Silva (CED/UFSC - Examinador Suplente)


Drª. Suzani Cassiani de Souza
Coordenadora do PPGECT


Fábio Peres Gonçalves
Florianópolis, Santa Catarina, setembro de 2009.

Àqueles que assumiram verdadeiramente o desafio de formar professores.

Aos meus pais, Walmor e Sônia.

À minha esposa, Carolina.

Resumo

Este trabalho busca contribuir na sinalização de possibilidades metodológicas para abordar a experimentação como conteúdo nos processos de desenvolvimento profissional dos formadores e de formação inicial de professores de Ciências Naturais, especialmente de Química. Para tanto, investigou-se como tais processos podem colaborar na aprendizagem sobre as atividades experimentais no ensino de Ciências. Foram analisados 102 artigos, publicados em um periódico nacional, com propostas de experimentos a serem realizados, sobretudo, na educação superior em Química. Também foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com professores de componentes curriculares de conteúdo específico (5) — autores de sugestões de atividades experimentais analisadas — e de componentes curriculares integradoras (5). A análise das informações qualitativas foi orientada pelos procedimentos da “análise textual discursiva”. A principal perspectiva teórica para a interpretação dessas informações foi o referencial freireano de educação. Aponta-se que a “consciência real (efetiva)” dos professores das componentes curriculares de Química é constituída por visões, como aquelas que explicitam uma crença na experimentação como promotora incondicional da motivação e da aprendizagem conceitual. De outra parte, uma “consciência máxima possível” acerca dos experimentos seria constituída por compreensões que valorizam, por exemplo, o diálogo, a “problematização” e o “erro” dos estudantes para enriquecer seus conhecimentos, bem como o cuidado com aspectos “ambientais”, como o tratamento dos resíduos gerados nas atividades experimentais. Foram indicados, igualmente, modos de favorecer a “circulação inter e intracoletiva” do conhecimento sobre experimentação no ensino de Ciências, tanto no desenvolvimento profissional dos formadores quanto na formação inicial de professores, inclusive com a identificação de “situações-limite” nesses processos, como a pesquisa em detrimento da docência, as aprendizagens pouco fundamentadas nos conhecimentos oriundos da pesquisa em ensino de Ciências e o texto de experimentação disseminado. Na continuidade, foram assinalados conteúdos relativos à experimentação no ensino de Química importantes de serem abordados, a exemplo da história e epistemologia contemporânea da Ciência. São anunciadas ainda semelhanças e diferenças entre os discursos dos docentes das componentes curriculares de conteúdo específico e daqueles das componentes curriculares integradoras — pesquisadores em ensino de Química — e, de certo modo, vislumbra-se quase paradoxalmente um determinado nível de interação entre os profissionais, de maneira que os primeiros parecem se apoiar de alguma forma no conhecimento produzido pela comunidade de pesquisadores em ensino de Química no que concerne às atividades experimentais. Todavia, isso não evita a presença de “contradições” relativas à experimentação identificadas no discurso dos docentes de Química da educação superior, a saber: a ideia da experimentação como origem do conhecimento e da experimentação como modo de comprovar um conhecimento previamente estabelecido. Com base no exposto, indicam-se possibilidades para promover o movimento da consciência real (efetiva) à consciência máxima possível, dos formadores e dos professores de Ciências Naturais em formação inicial, em torno da experimentação — na qualidade de conteúdo formativo.

Palavras-chave: experimentação; desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química; docência na educação superior.

Abstract

The aim of this work is to contribute to thoughts on methodological options for describing experimentation as part of the process of professional development for teaching staff and students of Natural Science, and particularly Chemistry, teacher-training courses. To this end, it investigates how these processes can aid learning for experimental activities in Science teaching. 102 articles from national periodicals were analysed, all of which suggested experiments for use in Chemistry higher education. In addition to this analysis, semi-structured interviews were conducted with professors of specific content curricular components (5) – those who suggested the experimental activities analysed – and integrated curricular components (5). Analysis of the qualitative information was guided by “discursive text analysis” procedures. The main theoretical perspective for the interpretation of this information was the Freirean reference of education, which suggests that the “real (effective) consciousness” of the professors of the curricular components of Chemistry consists of visions, such as those that explain a belief that experimentation unconditionally incentivizes motivation and conceptual learning. In addition to this a “maximum possible consciousness” of the experiments embraces an understanding that values for example dialogue, and the “questions” and “errors” of students, which enrich their knowledge and also their awareness of “environmental” aspects such as the treatment of residues generated by the experiments. Ways of encouraging the “inter and intra collective circulation” of knowledge of experiments in Science teaching are also suggested, both those relating to the professional development of the educators themselves and to the early training of teachers, with the identification of “limit situations” in these processes, like research to the detriment of teaching, learning that has little founding on knowledge of research in Science teaching and the text of the disseminated experiment. It then examines content relating to important experiments in Chemistry teaching, including the history and contemporary epistemology of Science. Similarities and differences between the statements of the teaching staff of the specific content curricular components and those of the integrated curricular components – researchers in Chemistry teaching – are described, and thus, in a way, almost paradoxically one can see a defined level of interaction between the professionals in that the former appear to base themselves on the knowledge produced by the research community of Chemistry teaching relating to experimental activities. This does not mean that there are no “contradictions” relating to experimentation: for example, the idea of experimentation and the origin of knowledge and of experimentation as a way of proving a previously established piece of knowledge. Based on this, this work concludes by suggesting ways of encouraging the movement of the real (effective) consciousness of both teacher trainers and teaching students in the Natural Sciences through experimentation – as formative content.

Key words: experimentation; chemistry teacher trainers’ professional development; higher education teaching.

Agradecimentos

À minha esposa Carolina, que tornou o caminho percorrido nesta pesquisa um momento ainda mais especial e por semear outros caminhos na minha vida sustentados pelo sentimento que nos une.

Às famílias “Gonçalves” e “Fernandes” por todas as contribuições à concretização deste trabalho.

Ao Bebeto (Carlos Alberto Marques) pela parceria estabelecida desde o mestrado e pela confiança no trabalho e orientação.

Ao professor Demétrio Delizoicov pelos ensinamentos, ao longo dos anos, em todas as disciplinas na qual pude ser seu aluno e também pelas contribuições no exame de qualificação.

Aos professores João Zanetic e Frederico Firmo de Souza Cruz pelas contribuições à pesquisa e pelas aprendizagens proporcionadas pelos diálogos no exame de qualificação.

Ao professor Roque Moraes, pela participação na banca examinadora e pelas profícuas interlocuções ao longo dos anos.

Ao GIEQ e ao GEFEC por catalisarem aprendizagens em torno do referencial freireano de educação.

Aos colegas e professores da turma de doutorado 2006 pelas aprendizagens.

Aos formadores de professores de Química que aceitaram participar das entrevistas.

Aos meus alunos — mais uma vez — que me ensinam muito sobre educação e, por conseguinte, acerca do meu papel político tanto como docente quanto como pesquisador.

Ao CNPq, pela bolsa em tempo parcial.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Siglas

ACG – Avaliação dos cursos de graduação

Avalies – Avaliação das instituições de educação superior

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

Enade – Avaliação do desempenho dos estudantes

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

ISI – *Institute for Scientific Information*

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

Pibid – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PRODOCÊNCIA – Programa de Consolidação das Licenciaturas

SBQ – Sociedade Brasileira de Química

SINAES – Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior

SUMÁRIO

Resumo
Abstract
Agradecimentos
Siglas

Primeiras Palavras.....	1
Problemática: a experimentação e a docência na licenciatura em Química.....	8
A experimentação na educação superior em Química.....	8
Por que problematizar a experimentação na licenciatura em Química?.....	8
O que diz a literatura sobre a experimentação na educação superior em Ciências Naturais.....	14
A docência na licenciatura em Química.....	19
Quem são os formadores de professores de Química?.....	19
Possibilidades ao desenvolvimento profissional dos formadores.....	30
Interlocuções teóricas e metodológicas na pesquisa.....	37
A experimentação interpretada por um viés dialógico de educação.....	37
A perspectiva dialógica de educação e a formação docente.....	43
Caminhos metodológicos.....	48
Os textos como “objeto” de investigação: um olhar sustentado na Filosofia da Ciência e da Linguagem.....	48
A experimentação na revista <i>Química Nova</i>	54
As entrevistas: um diálogo com os formadores.....	60
A análise textual discursiva.....	61
Contribuições de textos de experimentação no ensino de Química ao desenvolvimento profissional dos formadores.....	64
A experimentação entremeada por princípios ético-ambientais.....	64
Conteúdos na experimentação: dos conceitos às atitudes.....	73
Conteúdos na experimentação: a importância do que se aprende.....	78
Conteúdos na experimentação: para além da disciplinaridade.....	81
Experimentação dialógica e problematizadora.....	83
Experimentação: dos materiais alternativos à informática.....	95
A relação entre teoria e experimentação.....	100
A dimensão estética das atividades experimentais.....	103
Motivação: objetivo da experimentação?.....	106
O erro e suas implicações na experimentação.....	110
A modo de conclusão.....	111

A experimentação nas componentes curriculares de Química e no desenvolvimento profissional dos formadores.....	113
A experimentação como modo de disseminar conhecimentos teóricos e práticos.....	113
Contradições acerca da experimentação.....	114
Situações-limite: as estruturas institucionais.....	120
A circulação inter e intracoletiva de conhecimentos acerca da experimentação.....	124
A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: espaços e tempos.....	125
Situações-limite: a coletividade e a cumplicidade reprimidas.....	133
Situações-limite: a pesquisa em detrimento da docência.....	136
Situações-limite: aprendizagens pouco fundamentadas nos conhecimentos oriundos das pesquisas em ensino de Ciências.....	139
Situações-limite: o texto de experimentação disseminado.....	143
A modo de conclusão.....	146
A experimentação na ótica de pesquisadores em ensino de Química que formam professores.....	148
A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: espaços e tempos.....	148
A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: aprendizagens mediadas pela interlocução com a escola e seus sujeitos.....	153
A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: aprendizagens mediadas pelas interlocuções teóricas.....	158
Situações-limite: a coletividade e a cumplicidade reprimidas.....	161
Situações-limite: as estruturas institucionais.....	165
Contradições acerca da experimentação.....	167
A abordagem da experimentação relacionada com a história e a epistemologia da Ciência.....	171
O movimento contra-hegemônico em relação aos experimentos ilustrativos.....	174
Conhecimentos sobre a experimentação: permanências e transformações.....	177
O espaço de atuação do futuro professor e do químico.....	180
O conhecimento inicial dos licenciandos sobre a experimentação.....	183
A modo de conclusão.....	185
Síntese e encaminhamentos.....	186
A constituição da consciência real (efetiva) e da consciência máxima possível acerca da experimentação e as implicações teóricas e metodológicas.....	186
A circulação inter e intracoletiva do conhecimento sobre experimentação.....	197
À guisa de encerramento.....	202
Referências.....	213
Anexos.....	223
Anexo 1- Roteiros das entrevistas	
Anexo 2- Referências da Revista <i>Química Nova</i>	

Primeiras Palavras

Este trabalho se situa no campo do ensino de Ciências/Química e da formação docente. Defendemos a tese de que a problematização¹ das atividades experimentais na formação de professores e no ensino de Ciências precisa contemplar a problematização da experimentação no exercício docente e no desenvolvimento profissional dos formadores de professores. Acredita-se nas atividades experimentais como conteúdo de ensino e promotora de alternativas metodológicas para a melhor aprendizagem de Ciências. O depoimento por escrito de dois formadores de professores de Química em uma pesquisa que realizamos (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004) acerca da experimentação justificam parcialmente a defesa de tal tese:

As aulas até que eram divertidas. Éramos em grupos de três alunos: [Laura] eu e o [Martins]. A cada semana entrávamos no laboratório de Físico-Química e tínhamos toda a tarde para fazermos uma experiência. Recebíamos roteiros de todos os passos a seguir. As aulas teóricas sobre estas atividades eram feitas em outros horários. A sala de aula era montada com um conjunto de experimentos e íamos executando-os ao longo do semestre. A ideia, penso hoje, era muito funcional, mas proporcionava pouca interação com o conjunto de alunos. Cada grupo podia discutir entre seus participantes, mas os outros grupos estavam fazendo outras práticas. Na época, eu já percebia que seria importante estudar antes de ir para a aula experimental, mas assim não o fazia. No final do semestre, todos os alunos tinham feito as mais diferentes experiências. Ao final de cada aula tínhamos que fazer relatórios que eram avaliados. Mas não sabíamos muito o porquê de certos procedimentos. Por exemplo, ficar batendo com um bastão de vidro durante horas em uma bureta (evitar as bolhas de ar e coisas deste tipo). Ríamos muito, brincávamos, executávamos as tarefas, os professores eram muito queridos e atenciosos. Esta aula que escolhi como a pior, no entanto, teve uma situação em particular. Sempre fazíamos os relatórios em conjunto, mas não sei por que naquela semana eu fui encarregada de fazer este relatório e fiz com todo o empenho e cuidado que sempre tínhamos em copiar os relatórios dos semestres anteriores, porque as respostas muitas vezes não sabíamos. E veio a entrega dos resultados. Todos os colegas haviam tirado 9 e 10, e o meu grupo, 4. Pior que isso é que no relatório vinha um comentário de uma das professoras que eu guardei o nome até hoje embora não a conheça: [Inês]. E ela escreveu em letras garrafais e

¹ A discussão sobre a problematização nesta investigação se fundamenta no entendimento freireano de educação que será explorado ao longo da tese.

furiosas: **ESTE RELATÓRIO NÃO CONDIZ COM O NÍVEL UNIVERSITÁRIO DE SEUS ELABORADORES.**

Meus colegas estavam furiosos comigo e eu não sabia o que tinha deixado de fazer para obter aquele resultado. A explicação que eu tinha é que a professora não era a do grupo que sempre avalia nossos trabalhos: [Sandra, Souza e Ventura]. O problema dela é que se chamava [Inês] e tinha recém-chegado ao grupo. Mas, será isso verdade? De nada valeu seu comentário. Não mudei em nada o relatório. Ficou assim mesmo e nos próximos lembro que nos empenhamos muito para recuperar aquela nota que poderia nos deixar em exame.

Nos últimos 15 anos já assisti (estágios etc.) e também ministrei muitas aulas ruins. Mas há uma, durante as observações do estágio supervisionado há alguns anos atrás, que marcou bastante como exemplo de aula experimental mal conduzida.

A professora pretendia demonstrar que havia espaços vazios na matéria e era direcionada a alunos do ensino fundamental. Basicamente, a “atividade” era assim: utilizando provetas, grupos de alunos determinavam os volumes de uma porção de arroz e de uma porção de feijão; após, as duas porções eram misturadas e se verificava o volume resultante.

O resultado esperado pela professora era que o volume das duas porções juntas seria menor que a soma dos volumes das porções isoladas.

Só que as observações dos alunos não levaram a esse resultado. O volume resultante foi, em todos os grupos, aproximadamente igual à soma dos volumes de cada porção isolada.

A professora, angustiada com a expectativa frustrada (havia reproduzido, sem testar previamente, a sugestão de um livro...), percorria cada grupo e diante das conclusões apresentada, repetia: — Não, pessoal, olhem bem, vocês estão verificando mal...

E seguiu negando a percepção dos alunos para, finalmente, concluir que volume resultante menor, significava que, como nos gases, por exemplo, havia espaços entre os grãos de feijão que eram ocupados pelos de arroz... etc. (grifos do autor).

Os depoimentos docentes das aulas com experimentos de que participaram como alunos ou formadores revelam, de forma tácita, que não somente a aprendizagem por meio das atividades experimentais pode se constituir um problema de investigação, como também a própria aprendizagem a respeito da experimentação. Como argumentaremos em seguida, esse problema de investigação no ensino de Química tem sido pouco confrontado pelos pesquisadores. Outra lacuna nas pesquisas educacionais em âmbito nacional é a realização de teses e dissertações sobre o desenvolvimento profissional dos docentes de Ciências Naturais da educação superior (BRZEZINSKI, 2006). Entre estes se encontram os

formadores de professores e que constituem a problemática da formação docente para a educação básica. Os conhecidos resultados de pesquisas concernentes à formação de professores para o ensino fundamental e médio têm, aparentemente, poucos efeitos imediatos na atuação e “formação” dos formadores, de modo especial daqueles responsáveis pelas componentes curriculares de conteúdo específico². As investigações identificadas na literatura (BRZEZINSKI, 2006) acerca da “formação continuada” de professores da educação superior revelam mais estudos de experiências colaborativas de formação em serviço entre docentes de cursos de bacharelado do que de formação de professores. No caso dos cursos de Química, isso explicita um contrassenso, pois as pesquisas relativas à formação inicial de professores são mais expressivas do que aquelas a respeito dos cursos de bacharelado (SCHNETZLER, 2002).

De maneira geral, a formação dos docentes da educação superior tem sido minimamente privilegiada pelas investigações e pelas políticas públicas em educação. É provável que legisladores careçam de conhecimento consistente para alicerçar propostas à formação de professores da educação superior, para além de uma perspectiva generalista, isto é, que considere a área de conhecimento específico dos professores. Isso não significa valorizar uma dicotomia entre formação em didática geral e em didática específica. Entende-se que ambas precisam estar presentes como modo de evitar excessos de fragmentação dos conteúdos pedagógicos da formação docente e de reconhecer o ensino e a aprendizagem como processos influenciados pelos conteúdos próprios da área de conhecimento em estudo.

É pouco verossímil, por exemplo, a didática geral assumir como objeto de estudo a experimentação na Ciência e no ensino, conteúdo particularmente importante aos docentes da área de Ciências Naturais. Tem-se sinalizado que o conhecimento dos formadores acerca das atividades experimentais é permeado por visões de senso comum que as caracterizam como ponto de partida para a construção da teoria (GALIAZZI *et al.*, 2001). Logo, dificilmente as compreensões distorcidas a respeito da experimentação entre os professores da educação básica serão transformadas se os próprios formadores não forem submetidos a

² Denominar Química Orgânica, Físico-Química, Química Inorgânica e análogas de componentes curriculares de conteúdo específico não significa afirmar que as componentes curriculares integradoras e pedagógicas sejam desprovidas de especificidade, pelo contrário, pois possuem conteúdos próprios.

processos formativos que discutam suas compreensões, igualmente distorcidas. De modo inverso, ocorrerá o reforço de concepções ingênuas sobre as atividades experimentais na formação inicial e continuada de professores.

Os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, como discutiremos adiante, estão mais à margem dos processos de formação docente e, por isso, justificam-se em parte seus entendimentos em torno da experimentação. Da mesma maneira, os formadores das componentes curriculares pedagógicas/integradoras, sem formação na área de Ciências Naturais, parecem que pouco se apropriaram de um discurso contemporâneo relativo às atividades experimentais. No entanto, independentemente da componente curricular em que atuam, esses profissionais possuem o compromisso, implícito ou explícito, de formar professores. De modo que precisam se apropriar dos conhecimentos sistematizados concernentes ao ensino de Ciências Naturais, entre os quais aqueles relacionados à experimentação, especialmente os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico que disseminam no desenvolvimento de suas atividades experimentais um discurso sobre a experimentação.

As dissertações e teses acerca da experimentação no ensino de Química vinculadas à formação de professores também são praticamente inexpressivas no âmbito nacional. Entre 1972 e 2006, foram identificadas somente três dissertações e uma tese que articulam essas temáticas de pesquisa (GONÇALVES; MARQUES, 2009). Cumpre notar que, até 2001, tinham sido publicadas 104 dissertações e teses em ensino de Química, mas somente nove tratavam de experimentação (SCHNETZLER, 2002). De acordo com Gonçalves e Marques (2009), esse número não foi significativamente alterado, pois em 2006 foram totalizados 17 trabalhos de pós-graduação a respeito de experimentação no ensino de Química.

Com base em tais aspectos, apresentamos uma investigação com o objetivo de sinalizar possibilidades à abordagem das atividades experimentais, como um conteúdo no desenvolvimento profissional dos formadores e na formação inicial de professores de Ciências Naturais, especificamente de Química. A partir disso, propõe-se o seguinte problema:

- *Como o desenvolvimento profissional e a docência dos formadores de professores de Química podem contribuir para aprendizagem acerca da experimentação no ensino de Ciências?*

Entende-se que esse problema pode se desdobrar nas seguintes questões de pesquisa:

- *Como se caracterizam a “consciência real (efetiva)” e a “consciência máxima possível” acerca da natureza pedagógica, epistemológica e “ambiental”³ da experimentação no desenvolvimento profissional de formadores de professores de Química?*

- *Quais conhecimentos sobre experimentação abordar na licenciatura em Química? Como abordá-los? Quais critérios utilizar para definir o que abordar?*

- *Como os docentes de componentes curriculares de conteúdo específico se apropriam do discurso relativo à experimentação no ensino?*

Em decorrência do problema e das questões de pesquisa, os objetivos específicos propõem:

- apontar possibilidades de ações que contribuam para o movimento em direção à “consciência máxima possível” relativa à experimentação no desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Ciências Naturais e na formação inicial de professores;
- identificar e discutir discursos pedagógicos, epistemológicos e ambientais acerca da experimentação presentes entre formadores de professores de Química atuantes em

³ Entendemos que o adjetivo ambiental não se encerra em uma visão naturalista de meio ambiente que vincula a problemática ambiental basicamente aos problemas de poluição do “meio ambiente” e, portanto, desconsidera, como problemas ambientais, a fome e a violência urbana, por exemplo. Consideramos também o fato de a problemática ambiental contemporânea ser, às vezes, equivocadamente interpretada como uma decorrência exclusiva das atividades químicas. Ainda que a Química tenha uma contribuição negativa na geração de problemas ambientais, há de se ponderar os esforços atuais de parte da comunidade científica para minimizar ou evitar problemas ambientais produzidos pelas atividades humanas que envolvem a Química. Assim, parece-nos que a formação de professores precisa discutir esses esforços, assim como as visões de meio ambiente dos próprios formadores e licenciandos.

componentes curriculares de conteúdo específico, como um modo de sinalizar características importantes de serem incorporadas em experimentos;

- discutir os modos de apropriação a respeito do discurso da experimentação no ensino de formadores de professores de Química atuantes em componentes curriculares de conteúdo específico;

- analisar os entendimentos de professores de componentes curriculares integradoras da licenciatura em Química sobre o que e como abordar as atividades experimentais na formação inicial de professores.

A tese está organizada em seis partes. Na primeira, apresentamos um cenário das pesquisas em torno da experimentação na formação de professores de Ciências Naturais, bem como relativas ao desenvolvimento profissional dos formadores. Ao mesmo tempo, apontamos possibilidades de abordagem das atividades experimentais como conteúdo da formação docente e de promoção do desenvolvimento profissional dos formadores. Esse cenário, de certa forma, expõe o problema da experimentação articulado à formação de professores e dos formadores.

A segunda parte explicita os fundamentos teóricos e metodológicos da pesquisa. O viés educacional freireano é apresentado como principal referencial teórico para interpretar tanto a experimentação quanto a formação e atuação de professores. Contribuições de teóricos como Fleck (1986) e Bakhtin (2004, 2003, 1981) são semelhantemente exploradas. Além disso, descrevem-se os modos de obtenção das informações qualitativas e os procedimentos analíticos aos quais as informações foram submetidas.

Na terceira parte, é exposta a análise das informações qualitativas provenientes da seção Educação da revista *Química Nova* ou, mais especificamente, das propostas de experimentos para a educação superior em Química divulgadas em artigos. Sinalizamos como podem ser caracterizados os discursos pedagógicos, epistemológicos e ambientais dos formadores concernentes às atividades experimentais. Destaca-se, por exemplo, um discurso que valoriza os experimentos como modo comprovar a teoria ou promover incondicionalmente a motivação discente. Aparecem ainda argumentos em favor da experimentação como ferramenta para ensinar não somente conceitos e procedimentos, mas também atitudes. Por conseguinte, buscamos identificar características importantes a serem

incorporadas nas atividades experimentais desenvolvidas, de forma especial, nas componentes curriculares de conteúdo específico dos cursos de licenciatura e bacharelado em Química.

A quarta parte da tese analisa as entrevistas com os formadores atuantes em componentes curriculares de conteúdo específico (5). Depreende-se dessa análise que os formadores podem expressar visões a respeito da experimentação assentadas em perspectivas epistemológicas diferenciadas. Simultaneamente se aponta, por exemplo, várias “situações-limite” para a aprendizagem dos formadores acerca da experimentação no ensino de Química e as possibilidades de espaços e tempos nos quais essas aprendizagens podem se concretizar. Uma das “situações-limite” diz respeito às aprendizagens pouco fundamentadas nos conhecimentos provenientes das investigações em ensino de Ciências

Em seguida, na quinta parte, apresenta-se a análise das entrevistas com os formadores das componentes curriculares integradoras (5) que é sugestiva de conteúdos relacionados à experimentação para serem estudados na licenciatura em Química. Os modos de abordar tais conteúdos foram explorados também na análise das entrevistas, assim como as “situações-limite”, às vezes, presentes nesse processo de ensino e aprendizagem. São explicitadas, da mesma forma, sugestões de critérios que podem ser adotados para selecionar os conteúdos abordados em torno da experimentação.

Por último, indicamos possibilidades metodológicas para abordar a experimentação como um conteúdo na formação inicial de professores de Ciências/Química e no desenvolvimento profissional dos respectivos formadores. Com base na análise das propostas de experimentos do periódico *Química Nova* e das entrevistas com os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, caracterizamos ainda a constituição de uma consciência real (efetiva) e de uma consciência máxima possível relativas às atividades experimentais no ensino de Ciências.

Problemática: a experimentação e a docência na licenciatura em Química

O conhecimento dos professores de Ciências acerca das atividades experimentais, pouco fundamentados nos resultados de investigações, e a aprendizagem mínima dos alunos decorrente, às vezes, do desenvolvimento destas são aspectos que contribuem para caracterizar a experimentação no ensino de Ciências como um problema de pesquisa. Articularemos esse problema a outro menos afrontado pelas investigações educacionais, qual seja, a docência na educação superior, especialmente na licenciatura em Química. Para tanto, sustentaremos a necessidade de se discutir a experimentação na licenciatura em Química e o que se sabe a seu respeito no ensino de Ciências na educação superior. Posteriormente, contextualizaremos o desenvolvimento profissional dos formadores de professores e as possibilidades formativas proporcionadas a esses docentes.

A experimentação na educação superior em Química

As atividades experimentais têm sido discutidas sob variados enfoques na educação superior. Prioriza-se a seguir a experimentação como um conteúdo a ser aprendido pelos futuros professores durante sua formação inicial e, de forma especial, pelos formadores das diferentes componentes curriculares da licenciatura em Química.

Por que problematizar a experimentação na licenciatura em Química?

Há indicativos de que, entre os professores de Ciências Naturais, predomina um discurso simplista⁴ acerca da experimentação (SILVA; ZANON, 2000). Isso, por si só, alude à necessidade de se discutir e pesquisar as contribuições dos processos de formação de professores no enfrentamento dessa problemática não restrita aos docentes da educação

⁴ O discurso simplista sobre a experimentação é caracterizado pela presença de, entre outros aspectos, uma visão de ensino e aprendizagem como transmissão e recepção passiva de conhecimentos e de uma visão empirista-indutivista da Ciência.

básica, isto é, envolve igualmente os professores da educação superior, atuantes ou não, nas licenciaturas. Se os formadores de professores, pelo menos em parte, apresentam uma visão simplista sobre as atividades experimentais, não surpreende a existência de uma compreensão semelhante dos futuros professores de Ciências Naturais.

Nesse cenário, é imperativo que a discussão em torno da dimensão pedagógica e epistemológica da experimentação alcance, simultaneamente, professores em formação inicial e continuada, bem como os que propiciam essa formação. Os formadores de professores de Ciências Naturais são identificados como aqueles que lecionam em componentes curriculares de conteúdo específico e/ou componentes curriculares integradoras e pedagógicas. Mas, em geral, a discussão crítica, no que diz respeito à experimentação, está presente somente nas integradoras. Por outro lado, os professores das componentes curriculares de conteúdo específico também possuem um conhecimento acerca da experimentação que se revela, por exemplo, quando realizam atividades experimentais. Ao fazer isso, mesmo de forma tácita, ensinam seus alunos como ensinar por intermédio da experimentação. Por isso, é almejavável que o modo de desenvolver experimentos nas componentes curriculares de conteúdo específico esteja em harmonia com o debate contemporâneo a respeito das atividades experimentais no ensino de Ciências. Dessa maneira, ao mesmo tempo em que ensina melhor o conteúdo abordado no experimento, o formador pode ensinar a melhor desenvolver atividades experimentais.

A compreensão dos formadores relativa à experimentação, às vezes, mostra-se na própria organização curricular dos cursos de licenciatura. A dicotomia “imaginável” entre experimentos e conhecimentos teóricos não raramente se materializa por meio de componentes curriculares denominadas “teóricas” e “experimentais”. Nos cursos de Química, bacharelado ou licenciatura, é comum na grade curricular a separação entre Química Geral e Química Geral Experimental. Essa peculiaridade das grades curriculares é uma evidência de que a experimentação se faz presente na educação superior, ao contrário do que acontece na educação básica. Contudo, as evidências de que os conhecimentos sobre experimentação dos formadores são tão preocupantes quanto os conhecimentos dos professores do ensino fundamental e médio sugerem a discussão das atividades experimentais desenvolvidas na licenciatura. Sobretudo, porque para os licenciandos a experimentação é um conteúdo da formação.

No contexto de componentes curriculares “teóricas” e “experimentais”, usualmente as teóricas são pré-requisito para as experimentais, cujo objetivo pode ser a “demonstração” e “comprovação” dos conteúdos pelos experimentos. A intenção de “demonstrar” os conteúdos se traduz, por exemplo, em atividades experimentais nas quais os alunos seguem etapas de um roteiro pré-determinado, como se estivessem com uma “receita”, sem praticamente refletir acerca daquele procedimento. O mais importante nesses experimentos é obter um resultado conhecido previamente pelos estudantes e pelo professor. Apesar das constantes críticas ao longo dos anos (DOMIN, 1999), esse modo de desenvolver atividades experimentais na educação superior parece perdurar, como discutiremos mais adiante. Sua presença nesse nível de ensino, ainda hoje, pode reforçar um argumento: a aprendizagem a respeito da experimentação dos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico ocorre de forma pouco fundamentada nos resultados de investigações em ensino de Ciências. Em consequência, o discurso dos licenciandos relativo à experimentação também tende a ser problemático.

Essa harmonia entre as compreensões de licenciandos e formadores tem sido identificada na literatura. Destaca-se, por exemplo, exatamente a ideia de as atividades experimentais “comprovarem definitivamente” a teoria (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004). Além de a epistemologia⁵ contemporânea contradizer tal crença, é ingenuidade acreditar que alunos iniciantes na cultura científica possam, com os seus conhecimentos e habilidades técnicas, desenvolver atividades capazes de validar as teorias científicas construídas, geralmente, em contextos de controvérsias. Outra compreensão de formadores e de licenciandos é de que a experimentação permite captar e formar jovens cientistas já na educação básica (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GALIAZZI *et al.* 2001). Pode-se criticar o caráter propedêutico desse objetivo que, ao mesmo tempo, é fruto de uma confusão entre a função pedagógica e a epistêmica dos experimentos. Peremptoriamente, não é papel da educação escolar — e isso parece ser impossível — proporcionar um processo no qual os alunos construam um conhecimento novo (inédito) com auxílio de experimentos. Produzir conhecimento novo é atributo especial de um sujeito como o

⁵ Epistemólogos como Thomas Kuhn (1975) contestaram a possibilidade de os experimentos comprovarem definitivamente uma teoria.

cientista, que já se apropriou de um vasto conhecimento científico e de metodologias e técnicas, ao contrário dos estudantes da escola, que podem, hipoteticamente, “vir a ser”. Nem os alunos da educação superior produzem conhecimento academicamente novo, com exceção daqueles envolvidos com a iniciação científica, pois os experimentos desenvolvidos nesse nível de ensino têm também um papel pedagógico. E mesmo no caso dos alunos da iniciação científica, estes são orientados por um pesquisador com as características mencionadas acima, ou seja, com um amplo conhecimento do campo de atuação.

Em face desse panorama, os formadores das componentes curriculares integradoras se configuraram como os principais responsáveis pela discussão em torno da experimentação no ensino de Ciências. O depoimento desses profissionais concernente ao seu fazer pedagógico mostra uma preocupação em combater, justamente, a dicotomia entre teoria e prática/experimentação que permeia o imaginário docente, e, para tal, recorrem geralmente às contribuições epistemológicas contemporâneas (SILVA; SCHNETZLER, 2005). Essa ação isolada dos professores das componentes curriculares integradoras, ainda que indispensável, pode ser insuficiente no contexto da formação inicial, pois como explicitado anteriormente, muitas vezes, a organização curricular da licenciatura desfavorece a superação da crença no hiato “fantasioso” entre experimentação e conhecimentos teóricos. Dessa forma, as discussões epistemológicas promovidas pelos formadores precisam fomentar uma análise crítica dos licenciandos em relação às aulas experimentais às quais são submetidos na graduação (DELIZOICOV, 2000).

Outro aspecto considerado pelos formadores das componentes curriculares integradoras é a conjuntura das escolas brasileiras: a ausência de laboratórios com reagentes e vidrarias convencionais (SILVA; SCHNETZLER, 2005). Esse contexto é um motivo para muitos docentes da educação básica não realizarem experimentos, e tal motivo precisa ser problematizado ainda na formação inicial. Uma das sugestões para superar esse problema é o planejamento de atividades experimentais com materiais alternativos e de baixo custo. Sabe-se que houve diversas tentativas⁶ históricas de inserção do laboratório didático no

⁶ Ao longo dos anos, os *kits* experimentais e os “laboratórios móveis” foram inseridos nas escolas como modo de fomentar a realização de experimentos.

currículo escolar, mas estas fracassaram, possivelmente porque desconsideraram aspectos como as condições de trabalho do professor e os seus conhecimentos acerca da experimentação — pouco fundamentados nas produções acadêmicas atuais na área de ensino de Ciências. Se aspectos como esses forem negligenciados nos processos de formação de professores e pelas políticas educacionais, é pouco verossímil que iniciativas como a utilização de materiais e reagentes alternativos aos convencionais e a distribuição de “laboratórios móveis” acelerem a presença das atividades experimentais no ensino de Ciências em sintonia com as discussões contemporâneas sobre o assunto.

A sinalização das ações que visam incluir a experimentação no currículo escolar precisa ser acompanhada, na formação docente, da discussão que focaliza as implicações das características metodológicas das atividades experimentais para a aprendizagem discente, já que para muitos profissionais da área de ensino de Ciências a experimentação é promotora incondicional da aprendizagem (SILVA; ZANON, 2000). Esse entendimento da experimentação a restringe, em muitas ocasiões, a um ativismo no qual o fazer, praticamente desprovido de reflexão teórica, é o aspecto mais importante, pois a aprendizagem seria uma consequência desse fazer.

O “experimentalismo”, em qualquer nível de ensino, pode ser tão infrutífero para a apropriação de conhecimentos, como o “verbalismo”⁷. A predominância desse último na educação básica tem sido interpretada como causadora dos problemas de ensino e aprendizagem de Ciências e cuja antítese, o “experimentalismo”, seria supostamente a solução. Sabe-se, entretanto, por meio da experiência de outros países nos quais as atividades experimentais estão fortemente presentes, que tais atividades não proporcionam, necessariamente, a aprendizagem discente (BARBERÁ; VALDÉS, 1996).

Pode-se criticar o “experimentalismo” ainda nos casos em que está alicerçado na crença de que a produção do conhecimento ocorre exclusivamente pela aplicação do método experimental (observação desprovida de preconceitos, formulação de hipóteses,

⁷ O “verbalismo” se refere a um ensino centrado puramente na exposição oral por parte do professor e foi criticado por Freire (2005) em sua caracterização de uma educação bancária. Por outro lado, o autor (FREIRE, 1992) não se opõe, de forma absoluta, às chamadas aulas expositivas, pois em seu entendimento nem toda aula expositiva desconsidera a relação dialógica do ato educativo. Acrescenta-se que o “experimentalismo” quando baseado, por exemplo, nos experimentos cujo único objetivo é comprovar um conhecimento teórico também parece se inserir em uma perspectiva bancária de educação.

experimentação e conclusões definitivas) fundamentado na caricatura da filosofia baconiana. Uma das consequências dessa visão é o entendimento de que a relação entre “sujeito do conhecimento” e “objeto do conhecimento” é neutra. No contexto do ensino, significa compreender os estudantes como “tabulas rasas” que terão seus conhecimentos iniciais desconsiderados no processo de ensino e aprendizagem. Essa é uma compreensão equivocada, pois, de acordo com a epistemologia contemporânea, a produção do conhecimento ocorre por meio de interações não neutras entre sujeito e objeto. Mesmo que o “experimentalismo” não esteja, obrigatoriamente, sustentado em uma visão empirista-indutivista, a sua presença no ensino é problemática, já que pode difundir uma visão imprópria de Ciência. Ou seja, o ensino centrado fundamentalmente na experimentação pode semear a ideia de que é unicamente por meio desta que os cientistas produzem conhecimentos. O campo da modelagem molecular, bastante empregada no planejamento de novos fármacos, é um exemplo no qual o pesquisador, por intermédio de recursos computacionais, desenvolve atividades que não se encerram em experimentos. Além disso, a produção do conhecimento científico envolve atividades como leitura, escrita, socialização dos resultados de pesquisa junto à comunidade científica, entre outras.

A crítica ao “experimentalismo”, logo, também se ampara na tese de que o ensino de Ciências precisa ensinar, além dos produtos, os processos da Ciência. Todavia, a abordagem dos processos da Ciência não pode reduzi-los a um método único, infalível e exclusivamente experimental, aspecto combatido pela moderna Filosofia da Ciência. De forma análoga, o ensino de Ciências precisa transcender o entendimento de que há um método de ensino único ou um método para ensinar por meio de experimentos. Esse “mito” parece estar associado à ideia de que a aplicação de técnicas e metodologias, supostamente universais, pode resolver os problemas da educação. Cabe ressaltar ainda o fato de a defesa ao “experimentalismo” desvalorizar a necessidade do acesso docente e discente aos mais variados recursos, como as novas tecnologias da comunicação e informação, revistas, livros didáticos e paradidáticos etc. Esses recursos podem ser tão importantes quanto as atividades experimentais na promoção da aprendizagem.

Portanto, o incentivo aos licenciandos para realizarem experimentos não pode fomentar o “experimentalismo” permeado, às vezes, não somente por uma visão simplista de ensino e aprendizagem, mas por atitudes pouco responsáveis, expressas em

experimentos que desrespeitam a integridade física dos estudantes e/ou desconsideram a necessidade de tratar os resíduos gerados, quando estes deveriam preferencialmente ser evitados. São aspectos que precisam se constituir como objeto de discussão na formação inicial de professores e serem considerados no planejamento e execução das atividades experimentais realizadas na licenciatura, pois estas são, em certa medida, exemplares aos futuros docentes (MARQUES *et al.*, 2007). Isso significa dizer que além de favorecer, por exemplo, a aprendizagem de conceitos e habilidades manipulativas, os experimentos propiciam, inevitavelmente, a aprendizagem de atitudes como o respeito ou desrespeito com o “ambiente” ao se ponderar, ou não, o destino dos resíduos gerados no laboratório como um ponto relevante na formação profissional dos licenciandos.

Faz-se igualmente necessário analisar nos processos de formação docente as compreensões epistemológicas que podem caracterizar o “experimentalismo” aqui descrito. Ou seja, nos casos em que as atividades experimentais possuem o papel de somente comprovar os conhecimentos teóricos pode estar subjacente uma visão de que, até segunda ordem, a fonte do conhecimento não é a experiência sensível, pois os experimentos têm como função única comprovar um conhecimento já produzido. Contraditoriamente, há a possibilidade de as atividades experimentais serem interpretadas sob uma visão empirista para a qual a fonte do conhecimento é a experiência sensível.

Em suma, os problemas relacionados às atividades experimentais merecem ser enfrentados coletivamente pelos formadores de professores de Química e, por isso, eles precisam, durante o desenvolvimento profissional, ter possibilidades de enriquecer seus conhecimentos a respeito da experimentação.

O que diz a literatura sobre a experimentação na educação superior em Ciências Naturais

As discussões acerca da experimentação no ensino de Ciências parecem estar mais centralizadas na educação básica do que na educação superior. No Brasil, a explicação a essa tendência pode estar relacionada com o fato de as atividades experimentais estarem praticamente ausentes no ensino fundamental e médio e isso seria um problema a ser enfrentado, sobretudo, por meio de propostas catalisadoras de sua inserção em sala de aula.

Em contrapartida, na educação superior, os experimentos estão relativamente bastantes presentes. Todavia, nem sempre os estudantes conseguem se apropriar dos conhecimentos desenvolvidos nesses experimentos, e isso contribui para tornar a experimentação uma área de investigação em ensino de Ciências, seja no contexto da educação superior, ou no da educação básica.

Nessa perspectiva, há investigações, embora incipientes, que procuram compreender o desenvolvimento dos experimentos no âmbito da educação superior. Merece destaque a pesquisa de Zanetic (1974), que pode ser considerada um trabalho pioneiro dedicado ao estudo das atividades experimentais na educação superior. Já naquela época o autor apontava que os docentes entendiam os experimentos como uma maneira de estimular e manter o interesse dos estudantes pela Física e salientava também a necessidade de combater os objetivos da experimentação centrados em uma perspectiva comportamental.

Mais recentemente, Marineli e Pacca (2006), ao pesquisarem as dificuldades e os erros apresentados por estudantes de Física durante atividades experimentais, sinalizam que esses erros e dificuldades parecem estar relacionados com a visão de senso comum acerca da Física e da realidade por ela representada e descrita.

Se as discussões relativas à experimentação na educação superior são menos frequentes do que o almejado, o mesmo acontece quando se trata de articular essa temática de pesquisa à formação de professores. De investigações que desenvolvem essa articulação (GALIAZZI, GONÇALVES, 2004; MONTES; ROCKLEY, 2002; GALIAZZI *et al.*, 2001; DOMIN, 1999), depreende-se a importância de as pesquisas procurarem compreender como a formação inicial e continuada de professores pode contribuir para enfrentar principalmente as visões de atividades experimentais arraigadas em uma perspectiva de ensino e aprendizagem como transmissão e recepção de conhecimentos e em uma compreensão empirista-indutivista da Ciência. As investigações a respeito da formação docente, ao mesmo tempo, precisam considerar os professores da educação superior como profissionais da área de ensino. Talvez o fato de se conhecer relativamente pouco sobre a docência na educação superior colabore para que os formadores fiquem, às vezes, à margem das políticas públicas educacionais.

Em consonância com essa necessidade, propostas metodológicas para o desenvolvimento de atividades experimentais na educação superior têm sido analisadas

(MANTOVANI *et al.*, 2003; VIANNA; SLEET; JOHNSTONE, 1999a, 1999b). Um aspecto frequente nas propostas é a valorização do problema como orientador do experimento. De certa forma, isso contribui para situar a experimentação em um contexto investigativo e, em consequência, transcendê-la como modo de somente comprovar teorias estudadas previamente. Ou seja, como maneira de unicamente comprovar os conhecimentos teóricos, as atividades experimentais prescindem de questionamento e de discussão, visto que possuem um caráter mais ilustrativo, para a comparação entre o resultado esperado e o obtido empiricamente. Enfim, é um tipo de experimento que não, obrigatoriamente, responde a uma pergunta e nem a uma “problematização”.

A sinalização de abordagens metodológicas para as atividades experimentais na educação superior contrasta, em certa medida, com discussões passadas, em que se enfatizava a necessidade de melhoria das condições infraestruturais dos laboratórios (SENAPESCHI *et al.*, 1988; TOLENTINO *et al.*, 1988). Tais discussões, apesar de importantes, são insuficientes para enfrentar o problema da pouca aprendizagem decorrente do desenvolvimento de atividades experimentais. A presença desse discurso sobre a carência de recursos laboratoriais entre os professores da educação superior mostra que ele não é uma exclusividade dos professores da educação básica, os quais, a princípio, têm sido mais atingidos pela escassez de recursos. Quando os docentes da educação superior, especialmente os atuantes na licenciatura, centralizam seu discurso acerca da experimentação na falta de materiais, podem fomentar a apropriação desse discurso pelos futuros professores e reforçar, talvez involuntariamente, a crença na dependência de laboratórios estereotipados para a promoção de experimentos na escola.

Há muitos anos, entretanto, são desenvolvidas propostas na formação inicial de professores para inibir tal crença (CHRISPINO, 1989). Essas propostas se caracterizam basicamente pelo incentivo à utilização de materiais e reagentes de baixo custo e, como assinalamos anteriormente, é um dos assuntos abordados amiúde pelos formadores das componentes curriculares integradoras.

As discussões mais contemporâneas sobre experimentação e formação de professores procuram não somente impulsionar a realização de experimentos, mas, principalmente apontar modos de favorecer a apropriação por parte dos licenciandos de um discurso a respeito das atividades experimentais em consonância com as ideias atuais na

literatura. Galiazzi *et al.* (2001), por exemplo, argumentam em favor da pesquisa como princípio pedagógico na formação inicial para proporcionar a aprendizagem de um discurso mais contemporâneo acerca da experimentação no ensino de Ciências. Outra possibilidade assinalada positivamente em propostas de formação docente é a análise de materiais didáticos com propostas de atividades experimentais (AFONSO; LEITE, 2000; GARCÍA BARROS; MARTINEZ LOSADA; MONDELO ALONSO, 1998; GARCÍA BARROS; MARTINEZ LOSADA; MONDELO ALONSO, 1995). Essa análise é defendida como uma forma de propiciar uma postura crítica frente a materiais didáticos “tradicionais” e “inovadores” e, por conseguinte, à seleção e elaboração/reelaboração de propostas de experimentos a serem utilizadas em sala de aula. Ainda nessa perspectiva, parece salutar a análise de gravações de aulas com experimentos e de programas/documentos oficiais para o ensino de Ciências Naturais, assim como promover a explicitação e discussão das vivências dos professores em formação, na qualidade de aprendizes de Ciências nos laboratórios escolares e da educação superior (AFONSO; LEITE, 2000). Isso pode ser uma maneira de catalisar análises críticas em torno das atividades experimentais das quais se participou ao longo da vida escolar.

Um aspecto bastante comum nessas propostas que visam enriquecer os conhecimentos docentes sobre as atividades experimentais é a apreensão da visão dos professores a respeito desse assunto. É uma forma de proporcionar a eles reflexões acerca das suas próprias ideias, isto é, promover um processo no qual esses profissionais possam explicitar as compreensões relativas à experimentação e registrar aspectos da sua atuação, avaliá-los e, em virtude disso, implementar as transformações necessárias na docência.

Cabe ressaltar o que as propostas para enriquecer o conhecimento dos professores no que concerne às atividades experimentais parecem não defender: a abordagem das atividades experimentais por meio unicamente de componentes curriculares isoladas ou de tópicos estanques nessas componentes e, tampouco, em cursos de “curta duração”, apesar de eles poderem cumprir um determinado papel. As limitações desses cursos são reconhecidas pela literatura, ao sinalizar como causas de sua inocuidade, por exemplo, a morosidade das aprendizagens docentes e as frustrações dos professores, perante às condições de trabalho, em não conseguirem promover as transformações necessárias na prática pedagógica.

Ainda no campo da formação de professores, é importante caracterizar as contribuições das pesquisas que procuram identificar, direta ou indiretamente, as compreensões sobre experimentação dos participantes das licenciaturas em Ciências Naturais (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GRANDINI; GRANDINI, 2004; GALIAZZI *et al.* 2001; AFONSO; LEITE, 2000; GARCÍA BARROS; MARTINEZ LOSADA; MONDELO ALONSO, 1998; GARCÍA BARROS; MARTINEZ LOSADA; MONDELO ALONSO, 1995). Esses trabalhos auxiliam na construção de um quadro teórico das compreensões de licenciandos e formadores acerca do papel das atividades experimentais no ensino. Por conseguinte, isso pode contribuir para os formadores preverem os conhecimentos dos seus alunos relativos à experimentação e estruturar atividades que possibilitem problematizar tais conhecimentos. Em síntese, essas investigações favorecem uma melhor abordagem didática dos formadores em torno das atividades experimentais no ensino de Ciências.

Os conhecimentos expressos por formadores e licenciandos têm se mostrado em sintonia com os conhecimentos de participantes de cursos de Ciências Naturais de modo geral. Por exemplo, apesar dos indícios de diferentes compreensões filosóficas sobre a relação entre dados empíricos e teorias, ainda é bastante forte entre esses sujeitos a presença da perspectiva empirista-indutivista (SÉRÉ *et al.*, 2001). Isso é um indicativo da necessidade de as pesquisas atingirem tanto os cursos de formação docente quanto aqueles dedicados a formar outros profissionais da área de Ciências Naturais.

Por fim, parece ser predominante na literatura em Didática das Ciências a proposição de atividades experimentais para serem desenvolvidas na educação básica e/ou na educação superior. De outra parte, as investigações que procuram entender modos de favorecer uma apropriação do discurso contemporâneo a respeito da experimentação aparecem de forma mais tímida. Tais aspectos justificam, em parte, a necessidade de realizar pesquisas que contribuam para sinalizar possibilidades à promoção da aprendizagem dos professores acerca das atividades experimentais. Há de se considerar o reduzido número de investigações que discutem a experimentação em ensino de Ciências articulada ao desenvolvimento profissional dos formadores. Apesar disso, reitera-se que há indicativos de que as compreensões sobre as atividades experimentais dos formadores de professores de Ciências Naturais são tão preocupantes quanto aquelas dos docentes da

educação básica. Essas compreensões não podem resultar em críticas descontextualizadas e a-históricas, pois foi dominante nos últimos anos uma política de descaso em relação à formação pedagógica dos professores da educação superior. Nesse sentido, faz-se necessário compreender como se constituem profissionalmente os formadores de professores, assim como identificar possibilidades favorecedoras da sua formação como professores de futuros docentes, aspectos que discutiremos a seguir.

A docência na licenciatura em Química

Discutir a ação docente na licenciatura em Química implica compreender quem são os professores desse curso. É preciso considerar aspectos, tais como a titulação dos profissionais, a natureza das instituições em que atuam, suas condições de trabalho e as características dos processos formativos aos quais são submetidos, sobretudo, aquelas que aludem à formação pedagógica.

Quem são os formadores de professores de Química?

A formação de professores da educação superior, de modo geral, enfrenta problemas análogos àqueles afrontados pela formação de professores dos demais níveis de ensino. Por exemplo, a visão de ensino e aprendizagem dos docentes da educação superior também se aproxima, majoritariamente, daquela que entende o ensino como um processo de transmissão de conhecimentos e a aprendizagem como a sua recepção passiva (PIMENTA; ANASTASIOU, 2002). A pesquisa educacional tem conseguido compreender satisfatoriamente o porquê dessa visão entre os professores da educação básica e, embora a investigação acerca da formação de professores da educação superior ainda seja incipiente, uma análise crítica das condições de formação dos docentes deste nível de ensino dá indicativos para justificar a existência de tal visão entre estes profissionais.

Paradoxalmente, a própria legislação educacional favorece a problemática da profissionalização dos docentes da educação superior. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) estabelece a necessidade de os professores da educação superior *prepararem-se prioritariamente* em programas de pós-graduação *stricto*

sensu. De acordo com a lei, as universidades, por exemplo, devem ter pelo menos um terço do corpo docente com titulação de mestrado ou doutorado. Com base nessas exigências, pode-se aferir que nem todos docentes possuem título de mestre ou doutor e que a docência é compreendida como uma preparação, a partir da aquisição de um título, e não como um processo específico de formação (PIMENTA; ANASTASIOU, 2002).

Nessas condições, os programas de pós-graduação em Química e em Educação/Ensino de Ciências se caracterizam como os principais responsáveis pela formação dos docentes da licenciatura em Química. A pós-graduação em Química tem formado um vertiginoso número de doutores. Por outro lado, a quantidade de doutores na área de ensino de Química tem sido menos expressiva. Entre 1971 e 2001, formaram-se somente 25 doutores na área de ensino de Química em universidades brasileiras, os quais, somados aos outros sete doutores que realizaram sua pós-graduação fora do País, totalizavam 32 doutores nesse campo específico (SCHNETZLER, 2002). Cabe ressaltar que, somente em 2001, se formaram, no Brasil, 292 doutores em Química (DE ANDRADE *et al.*, 2004).

Para efeitos comparativos, cumpre notar que até 2007 havia 61 programas de pós-graduação em Química credenciados na CAPES (Coordenação Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), dos quais 23 eram de mestrado, um de doutorado, três de mestrado profissionalizante (um em funcionamento) e 34 de mestrado/doutorado (CADORE; DE ANDRADE, 2007). De outra parte, até 2007, a área de ensino de Ciências/Química contou apenas com 32 programas e cursos de pós-graduação⁸: 10 mestrados, 17 mestrados profissionalizantes e cinco mestrados/doutorados. Adicionam-se as contribuições dos programas de pós-graduação em Educação que, por meio de linhas de pesquisa em ensino de Ciências, entre outras, possibilitaram e possibilitam a formação de mestres e doutores em “ensino de Química”. A pós-graduação em Educação colaborou de forma significativa para a expansão quantitativa e qualitativa da área de ensino de

⁸ Considerou-se os programas e cursos avaliados pela área de Ensino de Ciências e Matemática da CAPES e com a seguinte denominação ou semelhante: Educação em Ciências, Educação em Ciências e Matemática, Educação em Ciências e Saúde, Educação Científica e Tecnológica, Educação Tecnológica, Ensino, Ensino em Ciências da Saúde e do Meio Ambiente, Ensino, Filosofia e História das Ciências. Até a data (28.12.2007) de acesso ao sítio da CAPES tinham sido avaliados 49 programas e cursos pela área de Ensino de Ciências e Matemática.

Química/Ciências, uma vez que as primeiras dissertações e teses se originaram basicamente nessa pós-graduação⁹, que está em maior número em relação à pós-graduação de ensino de Ciências. Além da reduzida quantidade de programas de pós-graduação em ensino de Química/Ciências, ressalta-se o problema da centralização geográfica desses programas. As regiões Sul e Sudeste somavam 18 programas de mestrado/mestrado profissionalizante e quatro de mestrado/doutorado. Já a região Nordeste possuía somente quatro programas de mestrado/mestrado profissionalizante e um de mestrado/doutorado. As demais regiões do País totalizavam apenas cinco cursos de mestrado e nenhum curso de mestrado/doutorado. Isso pode refletir na quantidade de doutores em ensino de Química nessas regiões, pelo menos em um curto período de tempo.

Nesse cenário, foi frequente — e isso ainda acontece — o ingresso de licenciados em Química, mestres em educação ou ensino de Ciências/Química, na carreira de formadores de professores. Estes realizavam o doutorado na área de ensino quando já se encontravam estabilizados profissionalmente. Também é comum doutores em Química atuarem em componentes curriculares integradoras, sem ao menos terem experiência docente na educação básica, visto que realizaram ininterruptamente graduação, mestrado e doutorado e, às vezes, até pós-doutorado. Em alguns casos, pode haver um envolvimento efetivo com a área de ensino, até mesmo com inserção na pesquisa, e em outros, a docência na área de ensino de Química pode exercer papel coadjuvante na vida acadêmica. Sabe-se, inclusive, que muitos formadores de professores de Química de componentes curriculares integradoras não escolheram, inicialmente, a docência como profissão, mas se constituíram professores à medida que interagiram com a escola (SILVA; SCHNETZLER, 2005). Acredita-se que a situação não deve ser muito diferente entre os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico.

Cabe refletir, então, sobre o motivo pelo qual esses profissionais optaram pela docência na educação superior. A literatura sinaliza, por exemplo, a influência familiar e dos movimentos sociais (SILVA; SCHNETZLER, 2005). Muitas vezes o fato de ter os pais, irmãos, esposo(a) etc. como professores contribui para a escolha profissional. Isso

⁹ É importante registrar as contribuições dos programas de pós-graduação em Ensino de Física da Universidade de São Paulo e do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

reforça o argumento defendido por Silva e Schnetzler (2005), a saber: os formadores de professores se constituem como tal em um contexto histórico e social muito particular.

É preciso reconhecer a existência de diferentes fatores que podem influenciar na escolha pela carreira de professor na educação superior. A vaga de professor nas instituições públicas, por exemplo, tem sido disputada em concursos com enorme número de candidatos, principalmente no caso das componentes curriculares da Química (Química Orgânica, Química Inorgânica etc.), pois é crescente a formação de doutores em Química no Brasil. A indústria e os centros de pesquisa — estes em quantidade reduzida — parecem não absorver em grande número esses profissionais, embora se observe um relativo aumento de doutores na indústria atualmente. Desse modo, muitos veem como alternativa a docência, preferencialmente nas instituições públicas, que representam estabilidade e possibilidade de desenvolver pesquisas, entre outros aspectos (BAZZO, 2007). O título de professor “universitário” também confere um *status* ao profissional, uma vez que parece estar arraigado na sociedade o entendimento de que a única condição para ser docente na educação superior é o domínio profundo de um campo de conhecimento específico.

Isso, de certa forma, camufla a necessidade de uma formação específica para a docência na educação superior, pois prevalece a ideia de que o domínio dos conhecimentos específicos é suficiente para ensiná-los. Assim, beneficiam-se, de forma especial, os profissionais liberais (químicos, engenheiros químicos etc.) atuantes comumente no regime de horistas em componentes curriculares de conteúdo específico de cursos de instituições “privadas”. A atuação como horista pode ter como implicação o desenvolvimento de um trabalho solitário em detrimento do trabalho coletivo, pois a função docente se baseia na hora/aula (PIMENTA; ANASTASIOU, 2002). Isso afeta a realização de outras atividades como a pesquisa e a extensão, já que o professor destinaria o restante da carga horária para complementar a renda.

A legislação atual ainda permite aos professores apresentarem vínculo integral ou parcial com as instituições de educação superior. Ao contrário do que acontece com os professores horistas, a dedicação em tempo integral favorece o envolvimento docente com o ensino, a pesquisa e a extensão (PIMENTA; ANASTASIOU, 2002). Todavia, a atuação em tempo integral nas instituições de ensino não tem garantido a participação em processos de formação em serviço aos professores da educação superior, de forma análoga ao que

ocorre com os docentes com o regime em tempo parcial e de horas/aula. Em geral, os docentes universitários com dedicação exclusiva destinam bastante tempo à pesquisa e não à sua formação pedagógica. Igualmente preocupante é a situação dos professores substitutos nas instituições públicas e cuja contratação parece crescente. Estes geralmente atuam em tempo parcial, sobrecarregados de aulas e à margem dos processos formativos.

Quando possuem dedicação em tempo integral, os professores da educação superior se deparam ainda com outras atividades, como a administração e gestão, organização de eventos, comunicação das pesquisas, assessoria a agências de fomento à pesquisa e a periódicos. A participação dos professores nessas atividades não necessariamente os torna mais qualificados para exercerem a docência em sala de aula. Porém, a participação docente em tais atividades tem implicações no trabalho pedagógico. Por exemplo, a atuação em cargos administrativos pode provocar o afastamento temporário dos professores da docência. Quando isso não ocorre, é provável que as atividades administrativas concorram com aquelas vinculadas ao ensino e, em geral, essa última é a mais prejudicada. Em suma, as condições de trabalho dos professores da educação superior trazem muitas consequências para o seu desenvolvimento profissional.

Sabe-se também que a dedicação excessiva à pós-graduação e à pesquisa influencia no desenvolvimento profissional dos formadores. Nem todas as instituições de educação superior têm a pesquisa como uma de suas prioridades, entretanto, reconhece-se com frequência a pesquisa como uma das marcas diferenciais das universidades públicas brasileiras. As pesquisas nessas universidades são promovidas notadamente por meio da pós-graduação que, em áreas como a Química, se consolidou, enquanto em outras, a exemplo da área de ensino de Ciências/Química, ainda precisa se expandir.

A pujança da pós-graduação, no entanto, está relacionada com os recursos financeiros. É evidente o desequilíbrio na distribuição de recursos financeiros entre programas de pós-graduação das diferentes regiões do País. As regiões Sul e, sobretudo, Sudeste recebem mais recursos em virtude dos investimentos das agências estaduais de fomento à pesquisa. Os investimentos se traduzem, às vezes, em um maior número de bolsas e que permitem aos pós-graduandos dedicação integral. Não é raro o caso de mestrandos e doutorandos realizarem a pós-graduação simultaneamente ao exercício da docência. Isso pode exercer certa influência na produção das dissertações e teses e, por

consequente, no desenvolvimento profissional dos formadores e no tempo de conclusão da pós-graduação. O que é mais agravante no caso da área de Ciências, pois forma um reduzido número de doutores em ensino de Química.

O investimento financeiro em quantidade menor que a almejada nas instituições públicas de educação superior foi acompanhado, nos últimos anos, pelo incitamento à criação e expansão de Fundações de Apoio Institucional¹⁰ influenciadoras dos encaminhamentos das pesquisas. Assim como acontece em outros países (ZABALZA, 2004), no Brasil há o caso de empresas financiadoras de pesquisas em instituições públicas, as quais, por sua vez, se responsabilizam por fornecer conhecimentos e tecnologias que beneficiam as empresas. O primeiro aspecto inquietante é o fato de as pesquisas nas instituições públicas, isto é, com recursos públicos, ter a finalidade de maximizar os lucros privados. Também provoca um desassossego a postura intelectual dos investigadores condicionada pelos financiamentos privados. Isso, além de acentuar a tese de não neutralidade no processo de produção do conhecimento científico, revela que muitos pesquisadores são coniventes com a situação de direcionamento da atividade científica, porém, isso não os isenta de responsabilidades em nome do sistema privado. A investigação realizada nessas condições pode ter implicações na formação de mestres e doutores que poderão, em determinadas situações, desenvolver pesquisas baseadas na rentabilidade e em resultados importantes para o mercado (ZABALZA, 2004), independentemente da sua relevância social. De forma concomitante, o investimento das Fundações de Apoio Institucional, ao instigar a pesquisa em uma determinada direção, afeta de forma negativa o desenvolvimento profissional dos professores no que diz respeito à docência, pois é presumível que os formadores que priorizam as investigações em detrimento de sua formação pedagógica não irão dedicar a ela espaço e tempo se os recursos forem “facilitados” para as suas pesquisas. Esse posicionamento não é, obviamente, uma crítica à emissão de recursos às investigações, mas uma “denúncia” do investimento favoravelmente desequilibrado — e, não raras vezes, imoral — à pesquisa em relação aos processos de formação docente.

¹⁰ As Fundações de Apoio Institucional são organizações privadas instaladas nas instituições de educação superior, federais e estaduais.

Nesse panorama, têm papel importante no comportamento dos docentes da educação superior as agências de fomento à pesquisa, como o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CAPES que, por exemplo, por meio da sua “avaliação” dos programas de pós-graduação dita, em certa medida, as prioridades docentes, visto que os conceitos atribuídos aos programas trazem como consequência o recebimento de recursos financeiros e de bolsas. Isso incentiva os professores a aderirem à política de produtividade da CAPES, para a qual as publicações, preferencialmente internacionais, em língua inglesa e em grande número, são interpretadas como sinônimo de qualidade. Mais recentemente, houve avanços no sistema de avaliação da CAPES, pois se começou a valorizar aspectos como a publicação da produção científica em livros e os impactos sociais da produção científica. Cumpre notar, entretanto, que a socialização do conhecimento produzido pelos professores da educação superior merece ser estimulada sem obrigatoriamente provocar perdas à formação docente, como parece acontecer no cenário atual que, como destacamos, exige demasiado tempo dos formadores na produção de artigos. Assim, as publicações em ensino dos professores da pós-graduação em Química não poderiam ser desprestigiadas quando comparadas às suas publicações em Química.

Como salienta Sguissardi (2006), esse modo de avaliar da CAPES se caracteriza por ações e procedimentos de regulação e controle em detrimento de uma avaliação educativa ou diagnóstico-formativa. Essa interpretação não é, necessariamente, uma recusa a tal perspectiva de avaliação, visto que ela é imprescindível, de acordo com o autor, para a *garantia pública de qualidade* dos programas de pós-graduação. Um resultado dessa visão de “avaliação” como regulação e controle, entretanto, é o fomento exacerbado à competitividade, uma vez que se sobressai nessa modalidade de avaliação a perspectiva classificatória e sancionadora. Os programas de pós-graduação com melhores conceitos são “premiados” com mais recursos e, por conseguinte, os programas com conceitos menores são punidos com a minimização de recursos financeiros. A “adaptação” desse entendimento de avaliação para o processo de ensino e aprendizagem pode implicar a tentativa de “punição” aos estudantes que não atingem as expectativas, metas e conceitos propostos pelos professores. A dualidade da CAPES como agência financiadora e avaliadora tem implicações funestas e, nesse sentido, não somente a sua política de avaliação precisaria ser repensada, como também a própria dualidade.

Um aspecto a ser examinado na política de avaliação da CAPES, independentemente da dualidade que criticamos, é a valorização da formação de pesquisadores e não, de forma excepcional, a de professores. Não se trata de valorizar uma dicotomia entre formação para pesquisa e formação para o ensino. Precisa-se pensar, porém, como a pós-graduação pode contribuir para a formação docente para além de iniciativas já adotadas, tais como a oferta de componentes curriculares da área de ensino e a realização de estágio de docência. Essas iniciativas, apesar de importantes, parecem insuficientes para a construção de conhecimentos sobre o processo de ensino e aprendizagem (ARROIO *et al.*, 2006). O modo como o estágio de docência às vezes acontece é uma prática na qual os bolsistas assumem as aulas dos orientadores para que estes possam se dedicar mais à pesquisa (BAZZO, 2007). Pode haver ainda casos em que os orientadores possuem conhecimentos pedagógicos fracamente fundamentados, o que contribui minimamente na instauração de um processo reflexivo acerca da docência na educação superior durante o estágio de docência.

Em outros termos, a ênfase na pesquisa no decorrer da pós-graduação influencia na constituição da profissionalidade docente. Os professores da educação superior assumem, amiúde, que dedicam mais tempo à pesquisa e atividades correlatas do que ao ensino, que no caso das universidades públicas, é o fator determinante para sua contratação (BAZZO, 2007). Como destaca Zabalza (2004), os professores aceitam as exigências formais em relação à pesquisa, como a elaboração de um projeto e relatórios posteriores, todavia, quando se propõe algo análogo no ensino, essa atividade é considerada como desnecessária e perda de tempo.

Por outro lado, a dedicação dos docentes à pesquisa está condicionada muitas vezes pela natureza da instituição a qual estes pertencem. A legislação nacional (BRASIL, 1996) caracteriza as instituições de educação superior como universidades, centros universitários, faculdades integradas e institutos ou escolas superiores. Somente as universidades possuem a obrigatoriedade em desenvolver pesquisas. Isso favorece que parte significativa das instituições de educação superior se dedique exclusivamente às atividades de ensino. Em

2005, havia 188 cursos de Química¹¹ (bacharelado, bacharelado com atribuições tecnológicas e licenciatura) no País. As instituições privadas possuíam 46% desses cursos, as estaduais, 26%, as municipais, 5%, e as federais, 23% (ZUCCO, 2007). No Brasil, sabe-se que as pesquisas são realizadas principalmente pelas instituições de ensino federais e estaduais, detentoras praticamente da metade dos cursos de Química do País.

O fato de grande parte das instituições de educação superior se dedicar exclusivamente ao ensino parece pouco salutar para a formação de professores. O desenvolvimento de pesquisa pelos formadores é um modo de possibilitar a esses um processo autônomo de construção de conhecimentos. Soma-se a isso a oportunidade de inserir os graduandos em atividades de pesquisa, o que os possibilita uma formação mais completa (PACHANE, 2003). Entretanto, a participação dos graduandos em Química em atividades de pesquisa tem sido incipiente (ZUCCO, 2007). Isso pode ser um reflexo da expansão quantitativa das instituições privadas que, com raras exceções, não desenvolvem investigação, bem como do pouco fomento à iniciação científica.

A presença de instituições de educação superior não obrigadas a desenvolverem pesquisa expõe um contexto de contradição, visto que embora estejam de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, acabam por não cumpri-la, em parte, pois para essa Lei a educação superior tem a finalidade de incentivar o trabalho de pesquisa (BRASIL, 1996). Também há dissonância com as Diretrizes Curriculares para os cursos de bacharelado e licenciatura em Química (BRASIL, 2001), que advogam em favor da participação dos graduandos em atividades de investigação. Esse cenário vai de encontro com a avaliação da qualidade docente, pois nessa avaliação se priorizam aspectos como a coordenação de pesquisa, publicação em revistas e em eventos científicos, o trabalho na pós-graduação etc., mas a própria legislação incentiva a criação e permanência de instituições de educação superior dedicadas, sobretudo, ao ensino. Em síntese, as

¹¹ Considerou-se a totalidade dos cursos de Química, independentemente da modalidade (bacharelado, bacharelado com atribuições tecnológicas e licenciatura), pois de acordo com relatório do Ministério de Educação, somente 13% dos professores de Química do ensino médio possui licenciatura em Química. Dessa forma, muitos professores do ensino médio são provenientes de outros cursos, tais como os de bacharelado. Para maiores informações do relatório do Ministério da Educação acessar: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf.escassez1.pdf>>.

instituições não universitárias são cada vez mais representativas em um país no qual a pesquisa é mais valorizada nos critérios avaliativos (PACHANE, 2003).

Outro aspecto com aparentes implicações no fazer docente é o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES)¹², que possibilita a avaliação das instituições de educação superior (Avalies)¹³, a avaliação dos cursos de graduação (ACG)¹⁴ e a avaliação do desempenho dos estudantes (Enade)¹⁵. Mesmo que essas avaliações não girem em torno diretamente da qualidade docente, atingem-na de forma indireta (PACHANE, 2003). Esse contexto de avaliação contrasta com um passado recente no qual a docência na educação superior era praticamente inquestionável. Cabe indagar, porém, quais as contribuições do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior para a melhoria do trabalho docente.

Em face disso, é compreensível que a maioria dos formadores tenha aprendido a ser professor, basicamente, por meio da convivência com outros professores ao longo da vida escolar. O contexto histórico de descaso com o desenvolvimento profissional dos docentes da educação superior favorece a “resistência” a propostas de formação pedagógica, visto que tal formação não é uma tradição (VASCONCELOS, 2000). As experiências nessa direção ainda são escassas e os resultados nem sempre positivos; às vezes, desastrosos. No início da década de 1990, várias instituições de educação superior no Brasil promoveram programas de formação pedagógica, entre as quais, a Universidade Federal de Santa Catarina. De acordo com Bazzo (2007), o programa dessa universidade inicialmente se inseria em um contexto preocupado em transformar, em curto prazo, a qualidade do ensino de graduação de modo a reduzir os índices de repetência e evasão¹⁶. A autora chama a atenção para a falta de comprometimento de muitos docentes com o programa que, em alguns casos, utilizavam esse tempo destinado à formação pedagógica para trabalharem em

¹² Não se pretende argumentar acerca da validade, ou não, desse sistema de avaliação, embora isso seja um aspecto pertinente em um espaço adequado para tal.

¹³ Essa avaliação se desenvolve em duas etapas: 1) autoavaliação; 2) avaliação externa por comissões designadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (Inep).

¹⁴ Os cursos de graduação são avaliados por instrumentos e procedimentos que incluem visitas de comissões externas.

¹⁵ Os estudantes do final do primeiro e do último ano de graduação se submetem a uma avaliação.

¹⁶ Um relatório produzido pelo Ministério da Educação revela que a evasão na licenciatura em Química atinge a preocupante marca de 75%. Além disso, o documento ressalta que, entre 1990 e 2005, os cursos de formação inicial de professores de Química tiveram 23.925 concluintes, quantidade insuficiente para as demandas atuais do ensino médio. Para maiores informações acessar: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf.escassez1.pdf>>.

suas pesquisas. Outros professores mostraram “resistência” à proposta por a interpretarem como uma imposição da reitoria. Esses acontecimentos sugerem que, embora o apoio da instituição seja essencial em um processo formativo, é preciso envolver os professores nos diferentes momentos do programa como “coautores” e não meros receptores.

São igualmente escassas as possibilidades de formação pedagógica para os professores ingressantes na educação superior. Bazzo (2007) descreve dificuldades encontradas às vezes nessa modalidade de formação, tais como a oposição dos docentes a tal processo. A explicação para essa oposição parece complexa, pois é preciso considerar, entre outros aspectos, a visão dos professores sobre o que é formação pedagógica e a natureza do processo formativo ao qual são submetidos. Por exemplo, apesar das críticas à racionalidade técnica¹⁷, não se pode excluir a possibilidade de esta ainda orientar a formação oferecida aos docentes da educação superior.

É verossímil que os docentes participantes de cursos de formação pedagógica na década de 1970 — época em que já havia uma preocupação explícita de instituições de educação superior com o desenvolvimento profissional dos seus professores (VASCONCELOS, 2000) — tiveram sua formação e prática influenciadas pelos pressupostos da racionalidade técnica, visto que naquele momento educacional sobressaía o discurso de que os problemas de ensino e aprendizagem eram de ordem técnica e, por isso, precisariam ser enfrentados por uma didática instrumental.

Com base no exposto, mostram-se urgentes a elaboração e a execução de propostas preocupadas com a formação pedagógica de pós-graduandos e de docentes da educação superior em serviço, inclusive devido às fortes implicações que isso tem na formação dos futuros professores da educação básica.

¹⁷ Os pressupostos da racionalidade técnica, com recorrente crítica na tese, referem-se a uma visão de formação na qual uma das características é a aposta na mera instrumentalização técnica como suficiente para resolver os problemas educacionais. Tal ideia permeou, e ainda pode permear, a formação de professores em processos comumente denominados de treinamento em que estava implícito o entendimento da prática como uma pura aplicação de técnicas. Na racionalidade técnica, a elaboração das inovações curriculares se dá de forma distanciada daqueles que precisam desenvolvê-las em sala de aula. Ou seja, especialistas concebem as inovações e as impõem aos docentes, o que é um modo de valorizar a indesejável dicotomia entre teoria e prática típica da racionalidade técnica. Nisto, está tácita a compreensão de que as situações de ensino e os discentes são imutáveis, isto é, desconsideram-se os contextos específicos nos quais se realizam as práticas educativas.

Possibilidades ao desenvolvimento profissional dos formadores

A adesão à defesa de uma formação pedagógica do professor da educação superior também está relacionada ao reconhecimento do descaso histórico com a docência nesse nível de ensino. Como já mencionamos, nas universidades, a pesquisa ocupa lugar de maior destaque e, por conseguinte, auferir fomento financeiro favoravelmente desequilibrado quando comparado ao ensino. A literatura, todavia, tem sinalizado ultimamente possibilidades ao desenvolvimento profissional dos professores da educação superior e que ressaltam a importância, por exemplo, do incentivo institucional e da interação dos docentes com seus pares em diferentes instâncias formativas.

O estágio de docência exigido, a partir de 2000, a todos os bolsistas da CAPES é uma iniciativa relevante para proporcionar uma formação didático-pedagógica aos pós-graduandos, entretanto, não atinge a todos. Cumpre notar, nessa direção, a primazia da Universidade Estadual de Campinas na criação, no início da década de 1990, do seu Programa de Estágio e Capacitação Docente¹⁸. Naquele contexto em que pós-graduandos não eram obrigados a se envolverem com atividades de docência, tal programa era uma oportunidade para os doutorandos participarem, voluntariamente, de uma *formação pedagógica a professores iniciantes* (PACHANE, 2003).

A análise desse programa, realizada por Pachane (2003), sinaliza aspectos importantes a serem considerados em programas similares, ou nos próprios estágios exigidos aos bolsistas da CAPES. Um deles se refere à qualidade da orientação que, às vezes, pode influenciar, por exemplo, na autoestima do estagiário. A falta de confiança dos orientadores pode ser uma das causas desse problema. Associado a isso pode estar a ideia do estagiário como um mero executor de tarefas determinadas pelo orientador, isto é, o estagiário praticamente não é reconhecido como um professor em formação. Em contrapartida, acrescenta a autora, parece ser mais enriquecedor para o conhecimento profissional dos professores iniciantes a participação ativa nos diversos momentos da

¹⁸ Nesse programa, o estágio tinha a duração de um semestre, com possibilidade de prorrogação por mais um, em uma disciplina regular de um curso de graduação. O programa apresentava, além da prática orientada dos estágios, a realização de *workshops* mensais para discussões de cunho pedagógico e a reflexão acerca da prática. A participação no Programa de Estágio e Capacitação Docente não contava créditos para o programa de doutorado.

atividade docente. Também é um aspecto salutar a interação entre os estagiários, da mesma área do conhecimento ou não, por meio de encontros que possibilitem discutir a prática e a teoria relativa à docência. Quando possível, é interessante que as discussões aconteçam, em um primeiro momento, em pequenos grupos reunidos pelas afinidades entre as áreas de conhecimento e, posteriormente, no grande grupo. Este é um modo de favorecer a participação mais intensa de todos os estagiários nas discussões, bem como minimizar o excesso de fragmentação no trabalho docente incentivado por processos de formação de professores que desvalorizam a totalidade do ato educativo.

Ainda no âmbito institucional, os programas de pós-graduação em Química podem proporcionar a criação de componentes curriculares, optativas ou não, que tenham como objeto de estudo o ensino de Química. Recentemente, a pós-graduação *stricto sensu* da Universidade Federal de Uberlândia apresentava tal característica. Os pós-graduandos possuem maturidade suficiente para fazer opções em relação à construção do seu conhecimento profissional, por isso, é coerente oportunizar, àqueles que almejam a docência na educação superior, espaços e tempos de formação. Talvez a participação nessas componentes curriculares pudesse ser considerada positivamente nos concursos de ingresso na educação superior. Aliás, isso atenderia melhor a própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional que, como foi explicitado, atribui à pós-graduação *stricto sensu* a função prioritária de formar docentes para a educação superior. Quiçá já na graduação os bacharelados em Química interessados na docência pudessem cursar componentes curriculares optativas de cunho pedagógico.

A formação pedagógica dos formadores ainda pode ser favorecida pela inserção da pesquisa em ensino nos programas de pós-graduação em Química, a exemplo do que ocorre na Universidade Estadual de Campinas e na Universidade Federal de São Carlos. O desenvolvimento de teses e dissertações em ensino de Química nesses programas é uma possibilidade de formar doutores em Química que possam atuar como professores nas componentes curriculares de conteúdo específico e/ou integradoras da licenciatura, assim como na investigação em ensino. Apesar da possibilidade de esses doutores não virem lecionar na licenciatura, mas sim no bacharelado em Química, eles podem contribuir, em certa medida, à formação de possíveis docentes das componentes curriculares de conteúdo específico da licenciatura. Muitos doutores em Química são oriundos dos cursos de

bacharelado que, devido às suas metas, distanciam-se das reflexões pedagógicas. No entanto, o desenvolvimento nesses cursos de práticas pedagógicas em sintonia com as discussões contemporâneas no ensino de Ciências pode se constituir em exemplo de atuação docente aos bacharelados. Essa defesa, entretanto, não é um incentivo à formação docente como reprodução de modelos, visto que advogamos em favor do desenvolvimento profissional dos formadores como um processo inacabado.

Adicionalmente, a pesquisa em ensino de Química nos programas de pós-graduação em Química pode propiciar o aumento do número de doutores na área de ensino de Química. Isso contribuiria para minimizar a carência de doutores nessa área, assim como para melhorar a qualificação docente dos cursos de licenciatura em Química. De outra parte, os programas de pós-graduação em ensino de Ciências/Química também cumprem importante papel no desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química. Faz-se, portanto, imperativa a expansão quantitativa desses programas, apesar da criação, na última década, de novos cursos de pós-graduação em ensino de Ciências no Brasil.

As parcerias entre professores das componentes curriculares de conteúdo específico e pesquisadores em ensino de Ciências Naturais podem se constituir em possibilidades no desenvolvimento profissional desses sujeitos. Um exemplo salutar dessa parceria é a elaboração de materiais para a formação inicial e continuada de professores, tais como os Cadernos Temáticos da revista *Química Nova na Escola* — iniciativa recente da Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química — que abordaram temas contemporâneos da Química cuja inserção na sala de aula seria importante, seja da educação básica ou da educação superior. A utilização de materiais didáticos como estes pelos formadores pode contribuir para uma prática pedagógica em harmonia com discussões atuais em ensino de Ciências, isto é, uma prática exemplar para os futuros docentes. Também é uma prática exemplar a escrita coletiva e a produção de materiais didáticos, pois se sabe, que não é hábito dos professores da educação básica escreverem e trabalharem coletivamente, devido aos mais variados motivos, assim como não é uma praxe dos professores da educação superior, especialmente nas atividades de ensino. Escrever e trabalhar em grupo, logo, precisam ser conhecimentos aprendidos pelos formadores e seus alunos. Isso não significa que esses sujeitos não escrevam e não trabalhem em grupo, pois ao menos na Química há

uma produção vertiginosa de artigos, muitas vezes derivada do trabalho em equipe. Entretanto, não se escreve acerca da própria prática docente, não se reconhece a função “epistêmica” da escrita na construção do conhecimento profissional sobre ser professor.

Essas parcerias, que se poderia denominar de um “inédito viável” (FREIRE, 2005), podem ser catalisadas pelo investimento atual na formação inicial de professores. O Programa de Consolidação das Licenciaturas (PRODOCÊNCIA), iniciativa do governo federal, é um exemplo de oportunidade no qual formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e das integradoras e pedagógicas podem elaborar projetos coletivos para atender os objetivos do PRODOCÊNCIA. Entre seus objetivos está a implementação das Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores. Em que pese as críticas a essas diretrizes, é preciso reconhecer o avanço que representam frente ao modelo 3+1 de formação inicial de professores presente nas licenciaturas. Outro investimento oficial e que pode contribuir para aproximar docentes de componentes curriculares de conteúdo específico da formação inicial de professores é o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid). Nesse programa, são oferecidas bolsas semelhantes às de iniciação científica aos futuros professores como uma forma de incentivar a sua permanência nas licenciaturas, inclusive com envolvimento de professores das escolas.

Cumprir notar que acelerar o processo de valorização da docência, embora essencial, não é por si só garantia absoluta do envolvimento efetivo dos formadores com esse processo. Os investimentos podem atrair profissionais com uma participação superficial, ou até mesmo sustentada em uma visão ingênua do processo de ensino e aprendizagem. Mas, por outro lado, essa participação pode ser uma possibilidade para proporcionar aos formadores, sobretudo àqueles menos inseridos no discurso educacional, um momento de estudo sobre a docência, aspecto que é fundamental, pois provavelmente os formadores enfrentarão “problemas” relativos à formação docente e que o conhecimento que possuem é incapaz de auxiliar na “solução”.

Ainda acerca das parcerias, se pode mencionar a realização de pesquisas educacionais colaborativas, entre professores das componentes curriculares de conteúdo específico e os pesquisadores em ensino, concorde-se ou não com essa perspectiva formativa. Essa parceria se sustenta no pressuposto de que a pesquisa do professor é um modo de enriquecer o seu conhecimento profissional e de contrariar premissas da

racionalidade técnica que o valorizam como mero aplicador de conhecimentos. Abell (2005), por exemplo, ao examinar o fenômeno de professores universitários como investigadores de suas próprias aulas, destaca que os objetivos de cada pesquisador durante uma investigação coletiva conduzem a ações diferenciadas e, nesse sentido, torna-se relevante explicitar o escopo de cada “pesquisador”, inclusive, para evitar possíveis conflitos. Em concordância com a autora, salientamos que em pesquisas colaborativas entre professores “universitários” de Ciências Naturais e pesquisadores em ensino de Ciências, não necessariamente os docentes iniciantes em investigação educacional têm os mesmos objetivos que os pesquisadores mais experientes; o que é coerente com a situação de aprendizes dos primeiros. Em certa medida, isso confere aos pesquisadores em ensino de Ciências o papel de mediadores das aprendizagens possibilitadas pela pesquisa.

A socialização de resultados de pesquisas em eventos é uma oportunidade para propiciar a interação dos professores iniciantes em investigação educacional com outros pesquisadores em ensino de Ciências. Contribuem especialmente para essa interação eventos como a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), pois congrega simultaneamente investigadores em ensino de Química, professores das componentes curriculares integradoras, pesquisadores em Química e professores das componentes curriculares de conteúdo específico. Há ainda os eventos específicos da área de ensino de Química (Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, Encontro Nacional de Ensino de Química, entre outros), nos quais a participação dos docentes das componentes curriculares de conteúdo específico e das integradoras também é importante para catalisar aprendizagens. A relevância histórica dos eventos em ensino de Química para o desenvolvimento profissional dos formadores, notadamente para aqueles atuantes em componentes curriculares de ensino de Química, tem sido apontada pela literatura que, do mesmo modo, chama a atenção para a importância da parceria entre os formadores e os professores da educação básica (SILVA; SCHNETZLER, 2005).

Essas parcerias com professores do ensino fundamental e médio podem ser estabelecidas por meio de grupos de formação docente estáveis. Entre os pontos positivos decorrentes se pode mencionar as possíveis aprendizagens, para os formadores, do futuro campo de atuação dos licenciandos. É uma parceria que minimiza o hiato entre Universidade e Escola, pouco salutar à formação de professores. Ao mesmo tempo, supera

o entendimento de que a escola é um espaço de mera aplicação descontextualizada de métodos de ensino, como valorizam as premissas da racionalidade técnica. Em outras palavras, as parcerias entre formadores e professores em serviço é uma possibilidade de construção colaborativa de conhecimentos na qual ambos os profissionais possuem aspectos a dizer do lugar que ocupam.

Cumprir notar que a efetividade dessas propostas depende da sua continuidade. Não é uma contraposição, em absoluto, às atividades de formação continuada pontuais, sobretudo, porque podem ser responsáveis pela renovação de expectativas docentes em relação à sua profissionalidade. As atividades pontuais, entretanto, apresentam como uma desvantagem a possibilidade de favorecer minimamente as aprendizagens relativas à docência, visto que a pesquisa educacional tem ensinado que a apropriação de conhecimentos sobre ser professor é caracterizada pela morosidade (ZABALZA, 2004). De outra parte, não é a continuidade, por si só, a característica responsável pelo sucesso dos processos formativos. Por isso, faz-se urgente refletir acerca da indagação proposta por Zabalza (2004, p.39): “[...] que condições qualquer programa de formação (universitário ou não) deve reunir para ser, de fato, realmente formativo?”. A resposta a esta questão parece se relacionar com a compreensão do conceito de *formação* que, se sustentado, por exemplo, nos pressupostos da racionalidade técnica, terá seu sentido “empobrecido”, uma vez que atribui aos professores a mera função de executores de técnicas de ensino descontextualizadas. Sinalizar uma perspectiva de formação que transcenda esses pressupostos tem sido um compromisso da comunidade de educadores e pode ser o embrião de uma proposta teórico-metodológica para repensar o desenvolvimento profissional dos professores da educação superior, em geral, e dos formadores de professores de Ciências Naturais, em particular. Subjacente a essa proposição está a necessidade de refletir se as propostas de formação pedagógica mais comumente ofertadas aos pós-graduandos e aos professores em serviço na educação superior se constituem, como diz Zabalza, realmente formativas.

Nesta tese, aposta-se que a natureza formativa das propostas de formação pedagógica para pós-graduandos e docentes na educação superior precisa ser caracterizada pela presença da problematização — no sentido freireano — dos conhecimentos relativos à docência, como é a experimentação no ensino. O cenário descrito e interpretado sinaliza

para a importância desta problematização, pois não surpreenderia a presença de uma visão empobrecida das atividades experimentais entre os sujeitos mencionados.

Interlocuções teóricas e metodológicas da pesquisa

Apresentamos a seguir a opção por um enfoque teórico que possibilita analisar a experimentação e a formação docente sob um viés dialógico de educação baseado, principalmente, na visão freireana. Categorias analíticas da obra freireana são exploradas de modo a favorecer a compreensão das aprendizagens sobre e por meio da experimentação no desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química e na formação dos respectivos licenciandos. Ao mesmo tempo, os fundamentos e procedimentos da pesquisa são explicitados de acordo com uma perspectiva que compreendemos ser igualmente dialógica.

A experimentação interpretada por um viés dialógico de educação

As funções que as atividades experimentais podem assumir estão relacionadas, por exemplo, com a visão de educação de quem as conduz. Dentro de uma perspectiva “tradicional” os experimentos são entendidos como modos de propiciar a transmissão e recepção passiva de conhecimentos teóricos e práticos. Na contramão desse entendimento, se situa um viés dialógico e problematizador de educação (FREIRE, 2006; 2005), para o qual o processo de ensino e aprendizagem se baseia em interações não neutras entre os sujeitos com o objeto de conhecimento¹⁹ e cujo escopo é construir conhecimento e não transmiti-lo.

Em uma de suas obras — *Extensão ou Comunicação?* — Freire (1977) apresenta uma discussão que se aproxima da área de ensino de Ciências, inclusive com uma abordagem de caráter epistemológico que valoriza os princípios de uma educação dialógica e problematizadora, independentemente do nível de escolaridade ou do conhecimento ensinado. As articulações entre as ideias freireanas e o ensino de Ciências têm sido uma contribuição de pesquisadores brasileiros desde o início da década de 1980. De modo geral,

¹⁹ Freire (2005, 1977) também aborda a relação entre o sujeito e o objeto do conhecimento no processo educativo como uma situação gnosiológica em que os sujeitos cognoscentes são mediatizados pelo objeto cognoscível que procuram conhecer.

essas articulações defendem uma educação, na qual os conhecimentos discentes e docentes precisam ser apreendidos e “problematizados” em contraposição, na linguagem de Freire (2005), a uma “educação bancária”.

Essa defesa endossa, indiretamente, o argumento em favor da apreensão do conhecimento dos professores acerca do papel da experimentação no ensino de Ciências. Apreensão que a presente pesquisa julga importante para transformar o cenário das atividades experimentais no contexto educacional brasileiro. Tal cenário, revelado, em parte, pelas investigações em ensino de Ciências, caracteriza-se pela quase ausência de laboratórios nas escolas, notadamente as públicas. Com frequência, professores afirmam que não desenvolvem atividades experimentais, porque na sua instituição não tem um laboratório estereotipado (COELHO, 2005), isto é, com vidrarias, reagentes e aparelhos eletrônicos convencionais. Da mesma maneira que Coelho (2005), entendemos essa característica das escolas como uma situação-limite²⁰, assim definida:

[...] as situações-limites, [...] não devem ser tomadas como se fossem barreiras insuperáveis, mais além das quais nada existisse. No momento mesmo em que os homens as apreendem como freios, em que elas se configuram como obstáculos à sua libertação, se transformam em “percebidos destacados” em sua “visão de fundo”. Revelam-se, assim, como realmente são: dimensões concretas e históricas de uma dada realidade (FREIRE, 2005, p.104-105).

Se as situações-limite podem ser consideradas como obstáculos aos sujeitos, concordamos com muitos docentes que a falta de laboratórios pode inibir o desenvolvimento de atividades experimentais. Porém, essa ausência, enquanto uma situação-limite, precisa ser reconhecida como tal e, portanto, possível de ser superada. Uma das formas de enfrentar a carência de laboratórios é planejar experimentos com materiais alternativos e de baixo custo, ou com as simulações computacionais, quando obviamente as instituições dispuserem desses recursos. Essas possibilidades, assinaladas positivamente pela própria investigação sobre experimentação (GONÇALVES; MARQUES, 2006),

²⁰ Paulo Freire, na sua discussão sobre a dialogicidade, menciona as ideias do filósofo brasileiro Álvaro Vieira Pinto sobre as situações-limite e o inédito viável.

podem, por sua vez, caracterizar-se como o inédito viável, ou seja, aquilo que se encontra além das situações-limite (FREIRE, 2005).

A realização de atividades experimentais com materiais alternativos ou por meio de simulações, dentro de uma perspectiva dialógica e problematizadora de educação, não é compreendida como uma “adaptação” à situação-limite, mas um modo de transformar aquela realidade escolar, na qual não se promovem experimentos. Para Freire (1977), o termo “adaptação” remete à ideia de uma realidade imutável e desvaloriza a possibilidade de uma ação transformadora do sujeito. Outras possíveis situações-limite relacionadas à experimentação e muitas vezes reconhecidas pelos próprios professores de Ciências Naturais são as condições de trabalho docente, em geral, caracterizadas pelo pouquíssimo tempo para preparar as aulas/experimentos e pela ausência de técnicos de laboratório para organizar as atividades experimentais (GIMENEZ *et al.*, 2006).

Compartilhamos da ideia freireana de que não são as situações-limite, em si mesmas, causadoras de uma “desesperança”, e sim o modo como os sujeitos as interpretam. Quando as interpretações dos indivíduos acontecem ao nível da consciência real (efetiva)²¹ eles não conseguem vislumbrar o inédito viável. Essa “consciência real efetiva resulta de múltiplos obstáculos e desvios que os fatores da realidade empírica impõem e infligem à realização da consciência possível” (GOLDMANN *apud* FREIRE, 2005, p.124) [tradução minha]. A categoria consciência real (efetiva) é utilizada por Freire (2005) para compreender o comportamento e o pensar dos educandos, concernente a uma determinada situação significativa apreendida por esses educandos de acordo com seus próprios referenciais na construção de conhecimentos (DELIZOICOV, 1991), isto é, tal categoria tem um caráter analítico na obra freireana. A superação dessa consciência real (efetiva) ocorre mediante uma consciência máxima possível que favorece desvelar o inédito viável. As categorias consciência real (efetiva) e consciência máxima possível são semelhantes a outras categorias utilizadas anteriormente por Freire (2006), quais sejam, consciência ingênua e consciência crítica²², respectivamente. O autor as define assim:

²¹ Paulo Freire (2005) discute as categorias “consciência real (efetiva)” e “consciência máxima possível” fundamentado nas ideias de Lucien Goldmann.

²² A definição das categorias consciência ingênua e consciência crítica também se fundamenta na obra do filósofo Álvaro Vieira Pinto.

A consciência crítica “é a representação das coisas e dos fatos como se dão na existência empírica. Nas suas correlações causais e circunstanciais”. “A consciência ingênua (pelo contrário) se crê superior aos fatos, dominando-os de fora e, por isso, se julga livre para entendê-los conforme melhor lhe agrada”.

[...] é próprio da consciência crítica a sua integração com a realidade, enquanto que da ingênua o próprio é a sua superposição à realidade (FREIRE, 2006, p.113-114).

Os professores ao afirmarem, por exemplo, que não desenvolvem experimentos, porque não existem laboratórios, explicitam uma visão constituinte de uma consciência real (efetiva)/consciência ingênua acerca das atividades experimentais. Já, os docentes que percebem a possibilidade de inserir a experimentação no ensino de Ciências, mesmo na ausência de laboratórios, parecem avançar no processo de alcance de uma consciência máxima possível/consciência crítica. Ou seja, esses profissionais, provavelmente perceberam de forma crítica a “situação-limite” e, por isso, agem para superá-la e concretizar o inédito viável. As ações para efetivar o inédito viável são acompanhadas, como prevê a perspectiva freireana, da reflexão e sem a qual se reduziria a um ativismo. No caso da experimentação, significa uma insuficiência somente promovê-la em sala de aula, faz-se necessário saber por que e como realizá-la.

Assim, na análise das atividades experimentais, de acordo com os princípios de uma educação problematizadora, a presença do diálogo é fundamental. O diálogo no sentido freireano, isto é, um diálogo entre os conhecimentos dos sujeitos do processo educativo (DELIZOICOV, 1991). Nisto, está tácita a necessidade de ouvir constantemente o aluno, instigar a explicitação do seu conhecimento como ponto de partida do processo de ensino e aprendizagem. É o reconhecimento do aluno como alguém que tem algo a dizer e, portanto, não é uma tabula rasa. Na mesma direção, é preciso favorecer os questionamentos discentes, pois isso supera a ideia do professor como único sujeito que pode realizar perguntas. Como argumenta Freire (1996), é relevante professores e alunos se assumirem “epistemologicamente curiosos”. Aliás, as “perguntas” desempenham um papel importante em uma perspectiva dialógica e problematizadora de construção do conhecimento, mas não qualquer pergunta.

A indagação na perspectiva freireana está vinculada ao diálogo problematizador. E como diz Freire (1977), todo conteúdo/conhecimento pode ser problematizado, o que inclui obviamente o conhecimento científico e técnico. Para o autor, nenhum cientista sistematizou seu conhecimento sem ter sido problematizado. Mesmo que não seja o objetivo de um processo dialógico e problematizador tornar os sujeitos obrigatoriamente cientistas, isso indica que a problematização é essencial para a apropriação do conhecimento (FREIRE, 1977). A semelhança entre a argumentação freireana com o discurso da epistemologia contemporânea da Ciência não é uma coincidência ingênua, pois o próprio Freire (1977) sinaliza a importância da “Filosofia da Ciência” na formação de “educadores”. A harmonia com perspectivas como a do realismo crítico pode ser identificada, por exemplo, quando o autor destaca que uma “demonstração experimental” não precisa valorizar uma visão de conhecimento como algo imutável. Pelo inverso, o conhecimento tem que ser compreendido como em permanente construção (FREIRE, 1977). Por isso, há a necessidade do formador superar a contradição, comentada anteriormente, na qual, como pesquisador, atua como sujeito cognoscente em um processo de construção de conhecimento, inclusive em alguns casos na orientação de outros sujeitos, mas como docente parece desconhecer em tal processo os seus alunos como igualmente sujeitos cognoscentes. A respeito disso, Freire (2005, p.79-80) menciona:

Esta prática [educação bancária] que tudo dicotomiza, distingue, na ação dos educadores dois momentos. O primeiro, em que ele, na sua biblioteca ou no seu laboratório, exerce um ato cognoscente frente ao objeto cognoscível, enquanto se prepara para as suas aulas. O segundo, em que, frente aos educandos, narra ou disserta a respeito do objeto sobre o qual exerceu o seu ato cognoscente [...].

A prática problematizadora, pelo contrário, não distingue estes momentos no que fazer do educador-educando.

Não é sujeito cognoscente em um, e sujeito *narrador* do conteúdo conhecido em outro.

É sempre sujeito cognoscente, quer quando se prepara, quer quando se encontra dialogicamente com os educandos.

[...]

Desse modo o educador problematizador re-faz, constantemente, seu ato cognoscente, na cognoscitividade dos educandos. Esses, em lugar de serem recipientes dóceis de depósitos, são agora investigadores críticos, em diálogo com o educador, investigador crítico também.

Esse viés que valoriza uma postura problematizadora frente ao objeto do conhecimento se mostra em consonância com o discurso contemporâneo a respeito da experimentação no ensino de Ciências. Vários trabalhos, nos últimos anos, advogam em favor dos experimentos como um modo, por exemplo, de resolver problemas (LABURÚ, 2004; REIGOSA CASTRO; JÍMENEZ ALEIXANDRE, 2000; GIL *et al.*, 1999). Embora não haja consenso sobre essa forma de entender as atividades experimentais, bem como uma proposta metodológica única de experimentos como resolução de problemas, é preciso reconhecer nessa perspectiva um avanço em relação àquelas que reduzem a experimentação à comprovação da teoria estudada previamente.

A resolução de problemas associada à experimentação, apesar de valorizar o papel das indagações, assim como a perspectiva dialógica e problematizadora, não obrigatoriamente se filia a ela. As atividades experimentais como resolução de problema ou investigação precisam superar visões antigas acerca da experimentação que a compreendem como uma maneira de tornar os alunos “investigadores” — no sentido restrito do termo e não como exposto por Freire na citação acima. Dificilmente estudantes da educação básica realizarão de modo totalmente independente do professor todas as etapas — por exemplo, construção do problema, formulação de hipóteses, planejamento e realização do experimento, apontar dados e observações e propor conclusões — que pressupõe um experimento desse tipo. Isso exigiria do aluno conhecimentos dos quais ele não se apropriou na escolaridade básica. Provavelmente, os próprios estudantes da educação superior — inclusive bolsistas de iniciação científica — tenham dificuldades de realizar essas atividades experimentais de forma completamente autônoma. Além disso, se os experimentos de investigação forem desenvolvidos de forma a associar o processo investigativo, prioritariamente, às atividades experimentais, podem fomentar a apropriação pelos estudantes de uma visão reducionista desse processo, pois existem vários aspectos, para além dos experimentos, fundamentais em uma investigação.

Portanto, as atividades experimentais, sob análise de uma perspectiva dialógica e problematizadora de educação, tornam-se mais complexas do que aquelas destinadas a comprovar conhecimentos teóricos na “prática”. Isso pode ser uma justificativa para possíveis “resistências” em aceitar uma proposta em sintonia com tal perspectiva. Mas, como destaca Freire (1996), ensinar exige riscos; e um profissional que pretenda propiciar

efetivamente a aprendizagem discente precisa assumi-los. Ensinar também exige ética (FREIRE, 1996) em um viés dialógico e problematizador de educação. No contexto da experimentação no ensino de Química isso implica, por exemplo, se preocupar com o destino dos resíduos e que não pode ser o descarte irresponsável e prejudicial ao meio biótico e abiótico. Caso contrário, o desenvolvimento de atividades experimentais é um desacerto que pouco contribui para ensinar atitudes almejavéis em uma sociedade cercada de “problemas ambientais”.

Em síntese, a experimentação interpretada à luz da perspectiva dialógica e problematizadora não depende, obrigatoriamente, de laboratórios estereotipados. Outro aspecto essencial em experimentos, dentro dessa perspectiva, é a apreensão do conhecimento discente sobre os assuntos/conteúdos estudados, assim como a presença constante da problematização. Esses exemplos de características de um experimento conferem um caráter dialógico imperativo à construção do conhecimento.

A perspectiva dialógica de educação e a formação docente

Entender a formação docente dentro de um viés dialógico e problematizador de educação implica não reduzir os professores a meros aplicadores de propostas de ensino alheias e descontextualizadas. Esse viés incentiva o efetivo envolvimento docente na produção das propostas de ensino e, portanto, procura articular teoria e prática. Nisto, está implícito o reconhecimento do professor como sujeito não neutro que, ao participar de processos de formação, traz conhecimentos construídos previamente e que ajudam a dar significados aos objetos de estudo nesses processos. Alicerçados nessas considerações é que compreendemos a discussão da experimentação no desenvolvimento profissional dos formadores de professores e na sua docência.

Porém, aprender a realizar essa discussão ainda parece um desafio, e uma das possibilidades sinalizadas na literatura para enfrentá-lo é a pesquisa coletiva entre formadores e licenciandos. As investigações relatadas por Galiazzi *et al.* (2001) e Galiazzi e Gonçalves (2004) indicam as potencialidades da pesquisa na formação de professores para a aprendizagem sobre experimentação. Essas pesquisas, com princípio formativo, defendem a explicitação do conhecimento inicial dos participantes como ponto de partida

da formação docente, assim como o seu enriquecimento sustentado no diálogo com a teoria e a realidade empírica. Os autores, ao mesmo tempo, advogam em favor da comunicação das aprendizagens construídas na pesquisa em comunidades para além da sala de aula.

A relação entre ensino e pesquisa é assinalada de forma positiva por Freire (1996), ao reconhecer na pesquisa um modo de intervenção, educativa tanto ao docente como ao discente. O formador que investiga, por exemplo, o conhecimento de seus alunos a respeito da experimentação aprende o que estes sabem acerca do respectivo assunto. Com base nisso, pode ensiná-los melhor, pois identifica quais conhecimentos discentes precisam ser enriquecidos. Essa intervenção educativa também poderia ser caracterizada como uma investigação coletiva entre formadores e licenciandos, como aquelas descritas anteriormente. A participação direta dos investigados no processo de pesquisa não é, dentro de um viés dialógico, algo a ser evitado, porque prejudicaria a validade dos resultados da pesquisa. Pelo contrário, pois como argumenta Freire (1981, p.35):

Para muitos de nós, a realidade concreta de uma certa área se reduz a conjunto de materiais ou de fatos cuja existência ou não, de nosso ponto de vista, importa constatar. Para mim, a realidade concreta é algo mais que fatos ou dados tomados mais ou menos em si mesmos. Ela é todos esses fatos e todos esses dados e mais a percepção que deles esteja tendo a população envolvida. Assim, a realidade concreta se dá a mim na relação dialética entre objetividade e subjetividade.

[...] Dizer que a participação direta, a ingerência dos grupos [...] no processo de pesquisa altera a “pureza” dos resultados implica na defesa da redução daqueles grupos a puros objetos da ação pesquisadora de que, em conseqüência, os únicos sujeitos são os pesquisadores profissionais. Na perspectiva libertadora em que me situo pelo contrário, a pesquisa como ato de conhecimento, tem como sujeitos cognoscentes, de um lado, os pesquisadores profissionais, de outro, os grupos [...] e, como objeto a ser desvelado, a realidade concreta.

Portanto, o desenvolvimento de pesquisa sobre experimentação na formação de professores se configura como possibilidade de favorecer aprendizagens tanto aos pesquisadores profissionais, quanto aos iniciantes. A investigação com princípio formativo inclui uma característica importante em um processo educativo que se entende dialógico, isto é, tem na problematização a origem do conhecimento. Desse modo, compreende-se a presença de uma problematização fundamental em um ato educativo, seja esse ato uma pesquisa ou qualquer outro.

Não obstante, é necessário analisar como se caracteriza uma problematização. Em primeiro lugar, esta precisa favorecer a explicitação do conhecimento dos sujeitos acerca do assunto estudado. Isso permite ao professor identificar as limitações desse conhecimento e, posteriormente, confrontá-lo ou apoiá-lo com base no conhecimento novo disseminado na literatura especializada. As perguntas abertas/indiretas parecem ser uma maneira mais acertada para propiciar a explicitação do conhecimento discente quando comparadas com perguntas fechadas/diretas. Ao mesmo tempo, a escrita individual é um modo de todos expressarem seus conhecimentos e não unicamente aqueles mais “desinibidos”, o que não significa estar desatento aos conhecimentos explicitados oralmente pelos discentes nos variados momentos do processo de ensino e aprendizagem.

Ao explorar esses aspectos, por meio de uma problematização, o formador pode contribuir para dar significado ao problema que, futuramente apresentado, exigirá dos aprendizes a apropriação de um conhecimento ainda inédito a eles e sem o qual é pouco provável “solucionar” o problema (DELIZOICOV, 2005). Em outras palavras, os problemas formulados e apresentados pelos formadores podem permitir a introdução de conhecimentos novos. Não se trata, portanto, de problemas com o potencial de gerar, de forma obrigatória, conhecimento academicamente original.

A presença da problematização na prática docente dos formadores exige que o seu processo de desenvolvimento profissional a contemple. Para que os formadores, especialmente aqueles das componentes curriculares de conteúdo específico, dispusessem-se a realizar, além de problematizações, a pesquisa como um princípio formativo seria necessária a promoção de sua consciência máxima possível para poderem vislumbrar a “investigação do professor” como um inédito viável. A própria problematização tem um papel importante na construção dessa consciência máxima possível (FREIRE, 2005). Como ressalta Freire (1977), a problematização precisa ser sobre a situação concreta na qual os sujeitos estão inseridos. No caso dos formadores, o objeto de problematização, então, seria tanto a sua atividade docente quanto o seu desenvolvimento profissional. Porém, como disse o autor, o objeto da problematização não somente é o ponto de partida, mas o de retorno. Nas palavras do próprio Freire (1977, p.82-83):

No fundo, em seu processo, a problematização é a reflexão que alguém exerce sobre um conteúdo, fruto de um ato, ou sobre o próprio ato, para agir melhor, com os demais na realidade.

Não há problematização sem esta última (Daí que a própria discussão sobre o *além* deva ter, como ponto de partida, a discussão sobre o aqui, que, para o homem, é sempre um agora igualmente).

No entanto, instaurar um processo formativo com essas peculiaridades é problemático no caso dos formadores oriundos dos programas de pós-graduação responsáveis pela formação dos professores das componentes curriculares de conteúdo específico, visto que a docência, quando assumida como um conteúdo nesses programas, ainda é abordada timidamente, como mencionamos em outro momento. Contudo, é importante os professores se apropriarem das discussões contemporâneas relativas à educação, como a explicitada acima. Tal posicionamento se sustenta no pressuposto de que os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico contribuem de forma significativa para a apropriação pelos licenciandos do discurso sobre ensino e aprendizagem, em geral, e do discurso acerca das atividades experimentais, em particular. Ou seja, os professores das componentes curriculares de conteúdo específico não ensinam exclusivamente o conteúdo disciplinar, mas, ao menos tacitamente, a como ensinar Ciências (DELIZOICOV, 2000). Quando esses profissionais se convencem da sua corresponsabilidade pela formação docente também assumem, explícita ou implicitamente, que “ensinar exige corporeificação das palavras pelo exemplo” (FREIRE, 1996, p.34). Além disso, em uma compreensão dialógica e problematizadora de educação, o formador não mistifica a profissão para seus aprendizes, porém, a problematiza enquanto os ensina (FREIRE; SHOR, 1986). Por isso, não cabe enaltecer a experimentação como se ela fosse, por si só, a solução dos problemas do ensino de Ciências.

Todavia, a promoção de uma consciência máxima possível relativa à experimentação na formação de professores da educação básica e no próprio desenvolvimento profissional dos formadores parece não ser tarefa fácil. Para muitos professores refletir a respeito das atividades experimentais poderia intimidá-los, principalmente se tal reflexão acenar para mudanças. Como destacam Freire e Shor (1986), os docentes receiam reaprender a docência na presença dos alunos, pois a necessidade de se mostrar experiente se sobressai. Segundo os autores, existe outro forte motivo para os professores evitarem uma transformação das suas ações em sala de aula: o temor dos

estudantes rejeitem a proposta pedagógica. A rejeição é um aspecto previsível, pois os aprendizes vivenciaram uma perspectiva tradicional, provavelmente, durante toda sua história escolar. As possíveis dificuldades dos docentes têm, portanto, um caráter igualmente histórico e necessitam ser respeitadas e consideradas no processo educativo.

Essas dificuldades podem estar relacionadas com um problema assinalado por Freire e Shor (1986), a saber, a hierarquia política do conhecimento. No desenvolvimento profissional dos formadores, há conhecimentos pouco valorizados em detrimento de outros. A discussão sistematizada e fundamentada nos conhecimentos contemporâneos sobre a natureza pedagógica e epistemológica das atividades experimentais, por exemplo, não parece, devido aos resultados de pesquisas, ser privilegiada na constituição profissional dos professores de Química da educação superior (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GALIAZZI *et al.*, 2001). Aliás, isso pode ser um efeito da influência da racionalidade técnica no percurso formativo desses profissionais que, de certa forma, valoriza a forte predominância das componentes curriculares de conteúdo específico em relação às componentes curriculares pedagógicas e integradoras. Além do mais, na racionalidade técnica, as componentes curriculares pedagógicas e integradoras se caracterizam pela apreciação da dicotomia entre teoria e prática. No caso da formação inicial, isso “transparece” naqueles cursos em que as componentes curriculares pedagógicas e integradoras, em menor número que as componentes curriculares de conteúdo específico, concentram-se mais no final da grade curricular e cujo papel, entre outros, é incentivar a aplicação descontextualizada de técnicas de ensino. A racionalidade técnica, nessas condições, favorece a hierarquia política do conhecimento na formação de professores para a educação básica e superior. Isso colabora, sobremaneira, no estabelecimento e permanência de problemas no desenvolvimento profissional docente, como o fato de cultivar uma prática pedagógica praticamente isenta de reflexões fundamentadas. Em outros termos, pode-se afirmar que essas características da formação inicial são situações-limite que precisam ser problematizadas com a finalidade de se vislumbrar um inédito viável (FREIRE, 2005).

Em suma, de acordo com um viés dialógico, a formação de professores precisa investir, em parte, na problematização que, além de favorecer a apreensão do conhecimento discente, fomenta a apropriação de um conhecimento novo. Entretanto, a presença desses

aspectos na docência dos formadores e, por conseguinte, na dos professores da educação básica, necessita de que o desenvolvimento profissional dos primeiros contemple sua aprendizagem, o que não é uma questão trivial e exigirá empenho da comunidade de pesquisadores em ensino de Ciências em compreender como propiciar tal aprendizagem.

Caminhos metodológicos

Abordaremos a seguir a caracterização dos sujeitos investigados, bem como os modos de obter as informações qualitativas e os procedimentos analíticos aos quais essas informações foram submetidas. Também apresentamos fundamentos teóricos que explicam e justificam a forma de obtenção e análise das informações.

Os textos como “objeto” de investigação: um olhar sustentado na Filosofia da Ciência e da Linguagem

Os periódicos educacionais têm sido utilizados como objetos de estudo, especialmente, em investigações sobre história da educação (CATANI; BASTOS, 1997). No Brasil, essa fonte de pesquisa é aparentemente pouco explorada quando comparada, por exemplo, com livros didáticos. Na área de ensino de Ciências, os periódicos educacionais se destacam, ainda que de forma tímida, em pesquisas que analisam o texto de experimentação (GONÇALVES; MARQUES, 2006; SAUERWEIN; KAWAMURA; DELIZOICOV, 2005; ARAÚJO; ABIB, 2003). Isso reflete o quanto os periódicos são pouco examinados na tentativa de compreender as tendências educacionais no ensino de Ciências, assim como de encaminhar “soluções” a problemas, a exemplo daquele da experimentação. Aliás, como menciona Nóvoa (1997), a análise da imprensa periódica favorece a apreensão daquilo que se almeja futuramente, bem como das situações atuais concernentes à educação. Ainda de acordo com o autor, a imprensa é densamente caracterizada pela dimensão coletiva, visto que a autoria está sob permanente “avaliação” dos pares, seja ao submeter um trabalho ou na sua disseminação à comunidade.

A partir do reconhecimento do caráter social das produções textuais, sustentaremos uma discussão fundamentada na epistemologia de Fleck (1986) e na filosofia da linguagem

de Bakhtin (2004; 2003). Com objetos de estudo distintos, ambos os teóricos parecem aproximar suas ideias relativas ao significado de “texto”. Utilizaremos, de maneira especial, as categorias fleckianas circulação inter e intracoletiva de conhecimentos teóricos e práticas e as categorias bakhtinianas texto, diálogo e polifonia.

Fleck (1986), como outros epistemólogos contemporâneos, contrapõe-se à neutralidade do processo de construção do conhecimento. Em sua análise acerca da produção e disseminação dos conhecimentos, destaca o papel das revistas e “manuais”²³. Para o epistemólogo, essas produções textuais podem possibilitar a interação entre sujeitos de “especialidades” diversas. Em outras palavras, a divulgação do conhecimento por meio de revistas, por exemplo, favorece a circulação inter e intracoletiva de conhecimentos teóricos e práticas (FLECK, 1986). A dinâmica de circulação inter e intracoletiva, por sua vez, contribui para compreender a interação no círculo esotérico e entre este e o círculo exotérico. Para entender, entretanto, essas categorias epistemológicas é preciso recorrer a categorias centrais na tese de Fleck: estilo de pensamento e coletivo de pensamento.

De forma sintética, o estilo de pensamento é “um perceber dirigido com a correspondente elaboração intelectual e objetiva do percebido” (FLECK, 1986, p.145) [tradução minha]. Em outros termos, o estilo de pensamento pode ser definido como práticas e conhecimentos compartilhados. Quando um grupo de indivíduos compartilha um determinado estilo de pensamento, é denominado de coletivo de pensamento, e um único sujeito pode pertencer, simultaneamente, a coletivos de pensamento diferentes. Na dinâmica de produção do conhecimento, o coletivo de pensamento se estratifica em círculos: esotérico (especialistas) e exotérico (não-especialistas). Assim, por exemplo, os formadores atuantes nas componentes curriculares de Química, enquanto especialistas em uma área, pertencem a um círculo esotérico. Da mesma maneira, os formadores nas componentes curriculares integradoras, enquanto especialistas em outra área, principalmente quando realizam pesquisa em ensino de Química, pertencem a outro círculo esotérico. Desse modo, ambos os profissionais constituem círculos esotéricos e relativamente exotéricos. Isso significa que não, necessariamente, o círculo exotérico é formado por “não-especialistas” — no sentido restrito da expressão.

²³ Os manuais podem ser compreendidos como os livros utilizados na educação superior.

Cabe ressaltar ainda que a noção de círculo esotérico e exotérico depende da presença de mais de um coletivo de pensamento. É importante salientar que tanto os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico quanto aqueles das integradoras podem, em determinadas circunstâncias, pertencer a um mesmo coletivo de pensamento. Um desses possíveis coletivos é o de formadores de professores de Química, ou simplesmente de professores de Química. Frequentemente, encontram-se professores de Química da educação superior com publicações na área de ensino de Química, apesar de não serem pesquisadores nessa área. O fato de constituírem coletivos de pensamento diferentes, como pesquisadores em áreas diferenciadas, não é fator para tornar inviável a interação entre docentes de Química da educação superior e docentes de componentes curriculares integradoras. Aliás, ambos os profissionais compartilham conhecimentos teóricos (modelos e teorias da Química) e práticas (manipulação de equipamentos) que contribui para aproximar esses dois coletivos de pensamentos e, em consequência, favorecer a circulação intercoletiva.

Ao comparar o círculo esotérico com o exotérico se pode afirmar que o discurso deste último é mais “simplificado”, e que a interação entre o círculo esotérico e exotérico está alicerçada na confiança nos especialistas, bem como nas necessidades dos “não-especialistas”. Para compreender a interação entre o círculo esotérico e o exotérico, Fleck (1986) propõe a dinâmica de circulação intercoletiva que está associada com as possíveis diferenças entre os coletivos de pensamento. A circulação intercoletiva de ideias entre o coletivo de pensamento de formadores das componentes curriculares de Química e o coletivo de pensamento de pesquisadores em ensino de Química é, em tese, mais intensa em comparação com aquela entre o coletivo de pensamento dos pesquisadores em Química e o coletivo de pensamento dos pesquisadores em Literatura Brasileira, por exemplo. A aproximação entre os coletivos de pensamento favorece a circulação intercoletiva de conhecimentos teóricos e práticas. Isso, por sua vez, contribui para a disseminação do estilo de pensamento dos especialistas aos não-especialistas. Como destaca Fleck (1986, p.156): “[...] toda circulação intercoletiva de ideias tem por consequência um deslocamento ou transformação dos valores dos pensamentos” [Tradução nossa]. Para o autor o significado mais relevante da circulação intercoletiva é que a transformação do estilo de pensamento pode possibilitar novas pesquisas e gerar fatos novos.

Igualmente importante é a circulação intracoletiva — como aquela que ocorre entre os pesquisadores em ensino de Química ou entre os pesquisadores em Química —, essencial à extensão do estilo de pensamento. Essa circulação contribui para a aceitação efetiva do estilo de pensamento e à formação dos membros do coletivo de pensamento (DELIZOICOV *et al.*, 2002). Ou seja, a circulação intracoletiva favorecerá a constituição e a consolidação do coletivo que compartilhará o estilo de pensamento.

Na concretização da dinâmica da circulação inter e intracoletiva, as revistas desempenham um papel relevante. Apesar de os periódicos não poderem, por si só, promover uma tomada de “consciência” acerca dos “problemas educacionais”, eles cumprem com a função, dentre outras, de divulgar conhecimentos novos que permitem compreender esses problemas e encaminhar propostas de solução. Os periódicos, portanto, podem propiciar a veiculação de conhecimentos novos do círculo esotérico ao círculo exotérico. Os textos com a incumbência de promover a interação entre esses círculos precisam ter características diferentes daqueles utilizados para promover a interação entre os constituintes do círculo esotérico. As produções textuais que atingem o círculo exotérico precisam ser menos “eruditas” do que aquelas destinadas ao círculo esotérico (FLECK, 1986).

Tais considerações apontam os destinatários como influentes na produção textual. A esse respeito, Bakhtin (2003) destaca que a elaboração de um texto se constitui em um ato de fala ou escrita de um autor para um destinatário. Por esse motivo, os destinatários seriam caracterizados como “coautores” do texto. Aliás, o texto, na filosofia da linguagem bakhtiniana, pode ser tanto oral como escrito. Ou seja, Bakhtin, ao contrário de Fleck, não se refere explicitamente às revistas, porém, ambos parecem concordar que as características de um texto dependem do seu destinatário. Com base nisso, um artigo produzido por pesquisadores em ensino para seus pares é, geralmente, diferente daquele destinado a não pesquisadores em ensino de Química. Essa particularidade de uma produção textual a imprime uma dimensão dialógica²⁴ já na sua gênese. Cabe mencionar a compreensão bakhtiniana de diálogo, isto é, o diálogo não se encerra em uma comunicação em voz alta,

²⁴ Entendemos que a visão de diálogo de Bakhtin apresenta semelhanças e diferenças com aquela expressa por Paulo Freire. Apesar de possuírem objetos de estudo diferenciados, ambos consideram o diálogo como constitutivo dos sujeitos e valorizam o papel do outro no processo de produção de conhecimento.

mas como qualquer tipo de comunicação verbal (BAKHTIN, 2004), o que, por conseguinte, inclui a escrita.

Quando Bakhtin (2003) se refere a um destinatário, trata-se de um sujeito presumido e não do destinatário “real”, visto que este dificilmente se apresenta ao autor no momento da criação do texto, embora o discurso do destinatário possa ser reconhecido. Além da escrita, sua atividade correlata, a leitura, também é um ato dialógico. Os leitores de um determinado artigo o leem com seus conhecimentos e isso os permite produzir interpretações variadas do texto, nem sempre válidas ou correspondentes à do autor do texto. Aceitar que toda interpretação é certa, verdadeira, pode remeter a um relativismo insalubre à construção do conhecimento. Tanto Bakhtin quanto Fleck parecem concordar que a interpretação de uma produção textual não está dada. Bakhtin destaca:

Na realidade toda palavra comporta *duas faces*. Ela é determinada tanto pelo fato de que procede *de* alguém, tanto pelo fato de que se dirige *para* alguém. Ela constitui justamente *o produto da interação do locutor e do ouvinte*. Toda palavra serve de expressão a *um* em relação ao *outro*. Através da palavra defino-me em relação ao outro, isto é, em última análise, em relação à coletividade. A palavra é uma espécie de ponte lançada entre mim e os outros. Se ela se apóia sobre mim numa extremidade, na outra apóia-se sobre o meu interlocutor. A palavra é o território comum do locutor e do interlocutor (BAKHTIN, 2004, p.113).

Com base nessas reflexões bakhtinianas, pode-se definir o leitor (ouvinte/interlocutor) como um sujeito com papel ativo na interpretação do texto. Ele compartilha com o autor o processo de “significação” da produção textual, com críticas e/ou elogios. As lacunas no texto podem, igualmente, serem apontadas pelo leitor, de modo a superar a leitura como um ato no qual se pretende somente entender o que o autor objetivou expressar. Reitera-se que isso não significa aceitar uma visão relativista de leitura, pelo contrário, esta precisa ser combatida. Todavia, reconhece-se o estabelecimento de uma relação não neutra do leitor com o objeto do conhecimento. Fleck também tece considerações análogas concernentes ao ato de comunicação:

A comunicação não ocorre nunca sem transformação e sem que se produza uma relação de acordo com o estilo, que intracoletivamente se

traduz em um reforço e intercoletivamente em uma mudança fundamental do pensamento comunicado (FLECK, 1986, p.158). [Tradução nossa].

Para o epistemólogo, as palavras assumem significados de acordo com o coletivo de pensamento ao qual o sujeito pertence. Ao considerar isso, se pode prever determinadas interpretações dos leitores sobre um texto ou desenvolver investigações para mapear as interpretações dos sujeitos de um determinado coletivo de pensamento a respeito de um assunto. Por exemplo, as interpretações dos professores de Química acerca de textos com sugestões de atividades experimentais. Estudos relativos a essas interpretações poderiam subsidiar a escrita dos autores de propostas de atividades experimentais, assim como apontar os conhecimentos docentes que precisam ser enriquecidos. Portanto, o papel seria contribuir para elaborar propostas de ensino e aprendizagem promotoras da transformação do conhecimento, e não unicamente identificar as interpretações dos sujeitos em torno de um determinado assunto.

Aderir a essas considerações significa reconhecer o caráter polissêmico e polifônico dos textos. O próprio termo “experiência” é um exemplo de palavra com caráter polissêmico, pois de acordo com a situação pode se referir à prática da vida, à aptidão decorrente do exercício permanente de uma profissão, ou, ainda a um experimento. O conceito de polifonia, sustentado em Bakhtin (1981), caracteriza um texto no qual são percebidas diferentes vozes²⁵. A própria presença da voz do destinatário no texto já é uma consequência da polifonia, mas há a presença de outras vozes para além daquela do destinatário. A leitura prévia do autor de produções textuais influencia na sua escrita, isto é, ele faz sua a palavra do outro. Isso não significa elaborar necessariamente um texto com autoria implícita, pois esse texto, a princípio, é produzido em uma situação distinta daqueles que o fundamentam. Essas considerações servem de modo especial às produções acadêmicas para as quais o caráter inédito é uma exigência.

Com base nas reflexões de Fleck e Bakhtin, destaca-se que a utilização de periódicos como fonte de informação, na pesquisa educacional, pode contribuir, entre

²⁵ A noção de voz na filosofia da linguagem bakhtiniana está relacionada à visão de mundo do sujeito, com o lugar social que este ocupa.

outros aspectos, para identificar: os discursos dos autores concernentes a um determinado assunto como a experimentação; a interpretação dos leitores acerca dos artigos; e as tendências educacionais relativas a uma área de investigação. Por conseguinte, os formadores poderiam ter indicativos que auxiliariam no planejamento de suas atividades, especialmente aquelas relacionadas a artigos educacionais de periódicos.

A experimentação na revista Química Nova

A revista *Química Nova*, lançada em 1978, é um veículo de divulgação da SBQ. Atualmente são publicados, no mínimo, seis exemplares por ano, com distribuição gratuita aos sócios ativos da SBQ. O periódico possui seções para artigos de pesquisa, divulgação, revisão, novas técnicas, assuntos gerais e educação, a maioria escrita em português. A seção *Educação* foi criada em 1980 e publica artigos sobre, por exemplo, pesquisa em ensino e propostas de atividades de ensino, especialmente, atividades experimentais. Apesar da diversificada natureza de artigos publicados nessa seção, o trabalho tem o foco nas propostas de atividades experimentais divulgadas nessa parte da revista entre 1980 e 2007.

Foram analisados 102 artigos²⁶, caracterizados pelos próprios autores como proposta de atividade experimental, entre os quais uma parcela muito pequena estava escrita em espanhol e inglês. As publicações nacionais têm origem expressiva nas instituições públicas de ensino, bastante variadas, e abrangiam conteúdos das diversas áreas da Química. Entre os autores e coautores, aparecem vários doutores em Química com reconhecida experiência docente na educação superior. Outra característica de parte dos artigos é a presença de pós-graduandos *stricto sensu* em Química como autores e coautores, apesar dessa informação²⁷ não estar explícita nos artigos. Os graduandos estão aparentemente menos presentes, assim como os doutores em ensino de Química. Essa

²⁶ Na análise dos textos, se desconsiderou a imagem como objeto de investigação. Números especiais da revista, denominados de suplementos, não foram analisados por não incluírem a seção *Educação*. Os artigos analisados foram obtidos por meio do sítio da revista na Internet: <<http://quimicanova.sbq.org.br/quimicanova.htm>>.

²⁷ O acesso ao sítio do CNPq na Internet possibilita obter o Currículo Lattes dos autores e, em consequência, fornece as informações referentes à sua formação.

descrição da autoria sugere que as propostas de atividades experimentais são elaboradas, basicamente, por professores de Química da educação superior para outros professores de Química do mesmo nível de ensino, isto é, são produções que, a princípio, favorecem principalmente a circulação intracoletiva de conhecimentos teóricos e práticas.

A partir da década de 1990, a seção *Educação* começou a aumentar a quantidade de publicações. Entre 1980 e 1989, foram publicados 66 trabalhos. Nos dez anos seguintes, essa seção elevou minimamente as publicações: 77 artigos, o que mostra que a revista acompanhou o crescimento da área de ensino de Química no País na década de 1990 (SCHNETZLER, 2002). O número de publicações continuou crescente na seção *Educação*, pois entre 2000 e 2007 foram publicados 121 artigos, dos quais 61 são propostas de atividades experimentais. O número expressivo de sugestões de experimentos ao longo dos anos na *Química Nova* é um indicativo do interesse dos químicos por esse assunto, sejam autores ou leitores. O fortalecimento recente da cultura do *publish or perish* na educação superior brasileira também pode ter colaborado para esse aumento de artigos. A quantidade de artigos, contudo, não é obrigatoriamente sinônimo de qualidade e se destaca o quanto as agências de financiamento e reguladoras, a exemplo da CAPES, podem influenciar nessa “produtividade” (SGUISSARDI, 2006). Tal incentivo à “produtividade” contribui na criação de uma competitividade entre pesquisadores e instituições com a finalidade de se constituírem em grupos ou centros de “excelência” para os quais os recursos financeiros são majoritariamente alocados. Isso, portanto, é uma forma de engendrar ou reforçar desigualdades no acesso aos recursos por parte das instituições de educação superior, especialmente públicas, com consequências negativas não apenas à pesquisa, mas ao ensino, uma vez que pode ser um modo de valorizar ainda mais a pesquisa em detrimento das atividades de ensino.

Uma das justificativas para a escolha dos artigos da *Química Nova* é a sua qualidade reconhecida por órgãos, tais como a CAPES, que, por meio do sistema Qualis, “avalia” os periódicos. Na avaliação (2004-2006), a revista foi conceituada como internacional B na área de Química, e em outras áreas, como Ciências de Alimentos, Ecologia e Meio Ambiente, Ciências Agrárias e Multidisciplinar, o conceito foi internacional A. Já na área de Ensino de Ciências, a classificação do periódico foi nacional B. Além disso, o periódico se caracteriza pela sua significativa circulação na comunidade

de químicos brasileiros, pois possui uma tiragem de aproximadamente 3700 exemplares a cada número e está disponível *on-line* no SciELO²⁸, no qual a revista é indexada. Isso contribui positivamente para a visibilidade do periódico em âmbito nacional e internacional. A *Química Nova* também possui indexação no *Chemical Abstracts* e no *Institute for Scientific Information (ISI)*.

Considera-se ainda que os artigos são difusores do discurso concernente à experimentação dos formadores, pois todo texto possui um autor (BAKHTIN, 2004, 2003) e no caso da *Química Nova* é, maiormente, o formador de professores de Química e do químico. Outro motivo é a expressividade e a acessibilidade da *Química Nova* junto aos formadores. Tal critério é utilizado em investigações acerca do estado da arte de uma determinada área que têm as revistas como fonte de informação (ANDRÉ *et al.*, 1999). Soma-se a isso o reconhecimento dos periódicos como importantes na disseminação do conhecimento novo elaborado por uma área específica (FLECK, 1986). Assim, a análise das propostas de atividades experimentais da *Química Nova* pode revelar as tendências e expectativas para a experimentação no ensino de Química, bem como sinalizar características importantes no desenvolvimento de experimentos, visto que os artigos submetidos são avaliados pelos pares e se subentende que, nessa avaliação, seja considerada a sintonia da produção com o discurso contemporâneo sobre experimentação no ensino de Ciências. Isso atribui à revista um papel formativo na comunidade de professores de Química da educação superior.

Antes da criação da *Química Nova na Escola* — periódico igualmente editado pela SBQ — em 1995, a *Química Nova* talvez fosse o principal divulgador dos resultados das pesquisas em ensino de Química no âmbito nacional. Até 2002, a *Química Nova* havia publicado 173 artigos na área de ensino de Química (SCHNETZLER, 2002). Na linguagem fleckiana, significa que o periódico contribuiu tanto para a circulação intracoletiva como à intercoletiva, pois possibilitava aos pesquisadores em ensino divulgar suas investigações a outros pesquisadores da área, assim como aos professores de Química da educação superior que não desenvolvem pesquisa em ensino de Química.

²⁸ <<http://www.scielo.br>>

A seção *Educação* da *Química Nova* surgiu, então, em um momento no qual a comunidade de ensino de Química era “embrionária” com raríssimos pós-graduados *stricto sensu* e poucos eventos na área (SCHNETZLER, 2002). Na época, era recente a realização do primeiro Encontro Nacional de Ensino de Química. A relativa pouca maturidade acadêmica da comunidade pode justificar, *a priori*, um discurso “problemático” nos textos do periódico, de maneira especial, naqueles que dizem respeito a propostas de atividades de ensino, nem sempre fundamentados em resultados de pesquisas. Mesmo hoje não surpreendeu o fato de artigos da seção *Educação* serem orientados por um discurso educacional praticamente discrepante em relação ao conhecimento atual produzido pela pesquisa em ensino de Ciências. Há indícios na literatura de que artigos com propostas de ensino, publicados em revistas com reconhecida qualidade, podem ser permeados por discursos “tradicionais” de ensino, aprendizagem e Ciência (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Não obrigatoriamente, isso implica uma depreciação ao trabalho dos pareceristas da revista, embora um periódico possa, de fato, ter a qualidade dos seus artigos influenciada pela qualidade dos pareceres emitidos. O crescimento da comunidade sugere que, se em um passado recente a qualidade das propostas de ensino possam ter sido caracterizadas como carentes de um discurso contemporâneo em ensino de Ciências (SCHNETZLER, 2002), a qualidade da produção e avaliação dos trabalhos em ensino de Química tenha acompanhado, em certa medida, esse crescimento. É principalmente na identificação dos aspectos positivos do crescimento que se pode contribuir na sinalização dos avanços do discurso educacional, importantes de serem “incorporados” ao trabalho em sala de aula.

Também não surpreendeu o fato de os artigos com propostas de atividades experimentais, particularmente aqueles publicados na primeira década de circulação do periódico, não expressarem cuidados com a geração e tratamento de resíduos, apesar de a problemática ambiental já ser tratada pertinentemente pela comunidade acadêmica naquela época. A “Conferência de Estocolmo²⁹”, em 1972, foi um marco nas discussões ambientais e, no Brasil, o debate foi impulsionado com a Rio-92, outro evento considerado um marco para a discussão acerca da problemática ambiental. Ainda no início da década de 1990,

²⁹ A Conferência Mundial de Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, foi promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU).

surge a Química Verde³⁰, ou Química Sustentável, sinalizadora de um enfoque novo à Química, preocupado com a problemática ambiental. Entre os objetivos da Química Verde pode se mencionar o da prevenção da geração de resíduos. Certa inércia, contudo, geralmente acompanha a disseminação de conhecimentos mais contemporâneos da Ciência e da pesquisa educacional nos processos formais de ensino e aprendizagem. Portanto, o silêncio relativo a aspectos da problemática ambiental em sugestões de atividades experimentais merece ser contextualizado e analisado. Ao mesmo tempo, interpretou-se o discurso que considera explicitamente a dimensão ambiental, pois pode apontar modos mais adequados de desenvolver experimentos, assim como a visão dos formadores a respeito do que venha ser problemática ambiental e meio ambiente.

A seção *Educação*, de acordo com a editoria e como já mencionado, recebe artigos de pesquisa em ensino de Química e de experiências educacionais inovadoras para a graduação e pós-graduação. A redução dos artigos a essas características minimiza a possibilidade de os pesquisadores em ensino de Química divulgarem suas reflexões, uma vez que não podem publicar artigos de outra natureza. E, por conseguinte, desfavorece em parte a interação entre estes e os docentes de Química da educação superior. A divulgação de artigos a respeito do ensino de Química na educação básica não seria absurda e nem totalmente incoerente com o escopo da seção *Educação*. Aliás, em algumas ocasiões foram publicados artigos relativos ao ensino de Química na educação básica, algo admissível pelo fato de o periódico ter entre seus principais destinatários os docentes de Química da educação superior, o que inclui os formadores de professores de Química. Então, justificaria-se a presença de artigos de ensino de Química na educação básica, pois, para os formadores, os artigos com essas características são de suma importância. Entre os formadores de professores de Química, estão os pesquisadores em ensino (docentes das componentes curriculares integradoras) que têm como objeto de estudo o ensino de Química em diferentes níveis de ensino. Esses profissionais, assim como os docentes das componentes curriculares de Química, precisam conhecer as discussões acerca do ensino de Química na educação básica, pois, apesar de possuírem objetivos diferentes na prática

³⁰ Para maiores informações sobre os princípios da Química Verde, acessar: <<http://www.iupac.org/web/ins/303>>.

pedagógica, têm em comum seus alunos, cujo futuro campo de trabalho é o ensino fundamental e médio. Por isso, reitera-se uma ideia já citada: é relevante os formadores de professores, de modo especial, os docentes das componentes curriculares de Química, desenvolverem uma docência em consonância com as discussões modernas acerca do ensino de Ciências.

Adicionalmente, considera-se que a classificação Qualis (nacional B) da *Química Nova* na área de ensino de Ciências pode influenciar negativamente na escolha da publicação pelos pesquisadores em ensino de Química. Como consequência se tem uma minimização da possibilidade de circulação intercoletiva entre os pesquisadores em ensino de Química e os docentes de Química da educação superior. O caráter restritivo dessa circulação também pode ser fruto de um interesse, aparentemente, incipiente dos pesquisadores em ensino na educação superior em Química.

É importante ponderar, ao mesmo tempo, o surgimento de revistas na área de ensino de Ciências nos últimos anos e com reconhecida qualidade. Em certa medida, isso colabora para os pesquisadores em ensino de Química publicarem menos na seção *Educação* da *Química Nova*. A própria visibilidade da seção na área de ensino de Ciências talvez não corresponda à visibilidade da revista na área da Química e afins. Não se pode negligenciar nessa discussão o fato de a comunidade de pesquisadores em ensino de Química, como já mencionado, ser relativamente pequena, assim como o número de pós-graduações *stricto sensu* responsáveis pela formação desses profissionais e pela produção de teses e dissertações que culminam em artigos nos periódicos.

Por fim, ressalta-se que essas considerações em torno da revista não se constituem em uma avaliação ou crítica dos procedimentos de editoração da revista e à revista em si. O objetivo foi contextualizar as características dos autores das propostas de experimento analisadas, pois isso pode auxiliar a entender o discurso acerca da experimentação identificado na pesquisa. Além disso, procurou-se refletir sobre o porquê da ausência ou quase ausência dos pesquisadores em ensino de Química como autores de propostas de atividades experimentais, e até mesmo em artigos de outra natureza.

As entrevistas: um diálogo com os formadores

As entrevistas foram desenvolvidas com docentes de componentes curriculares de conteúdo específico e de componentes curriculares integradoras que atuam/atuaram na licenciatura em Química. O convite aos professores de componentes curriculares de conteúdo específico (5) para entrevistas teve como critério a publicação, como autor ou coautor, de pelo menos dois artigos com propostas de experimentos na seção *Educação* da revista *Química Nova*. Optou-se pelo mínimo de dois, pois se pretendeu dialogar com professores, que pela recorrência na autoria, mostrassem-se interessados pela dimensão pedagógica da experimentação. Pelo menos um dos artigos deveria estar publicado entre 1997 e 2007, porque a partir de meados da década de 1990 emergiram orientações curriculares para o ensino de Ciências Naturais na educação básica e superior e que parecem influenciar, em certa medida, o discurso docente. Nessas condições, somente 38 sujeitos publicaram duas vezes, ou mais, como autores/coautores. Portanto, cinco pesquisados representam aproximadamente 13 % deste total.

O convite para entrevista aos autores e coautores de artigos se justifica, em parte, pela pretensão de romper com certa tradição das investigações que analisam textos³¹ escritos e raramente dão “voz³²” aos autores dos materiais pesquisados. Não foi possível procedimento análogo com os formadores de componentes curriculares integradoras, pois como afirmamos, estes praticamente não publicaram propostas de experimento na revista em questão, ou mesmo, artigos de pesquisa ou fundamentação teórica sobre o papel da experimentação no ensino de Ciências, pelo menos não com intensidade semelhante a dos professores de componentes curriculares de conteúdo específico.

Foi realizado o mesmo número de entrevistas (5) com docentes de componentes curriculares integradoras. O convite para participarem de entrevistas teve como critério a “publicação” (artigo completo em anais de eventos, artigo em revista, livro ou capítulo de livro, livro didático, palestras, conferências, mesas redondas etc.) como autor ou coautor acerca do tema experimentação no ensino de Ciências Naturais no período de 1997 a 2007,

³¹ Reitera-se que, na filosofia da linguagem bakhtiniana, o texto pode ser tanto escrito como oral.

³² Afirma-se novamente que, no discurso dos sujeitos, podem ser identificadas diferentes vozes, como sugere o conceito bakhtiniano de polifonia. Isso atribui a esse discurso um caráter essencialmente dialógico.

ou ainda a orientação de teses e/ou dissertações a respeito desse tema no mesmo período. A escolha por esse período se deve aos mesmos motivos aplicados ao recorte com autores e coautores de textos pertencentes aos formadores das componentes curriculares de conteúdos específicos. O critério de publicação se justifica pela intenção de buscar sujeitos que possuam vivência e problematizem o que se pretende conhecer. Soma-se a isso o fato de esses sujeitos serem atuantes em diferentes instâncias como difusores de discursos que, pelo menos parcialmente, refletem os avanços produzidos pela pesquisa em ensino de Ciências em torno da experimentação. Em virtude dos critérios para o convite aos professores de componentes curriculares de conteúdo específico e de componentes curriculares integradoras, estes se caracterizaram por pertencerem a instituições de educação superior variadas.

As entrevistas foram semi-estruturadas, pois estas possibilitam maior “liberdade” tanto aos investigados quanto ao investigador. As questões básicas para as entrevistas com os professores de componentes curriculares de Química foram diferentes daquelas destinadas aos docentes de componentes curriculares integradoras, visto que desenvolvem ações diferenciadas na formação de professores. Na entrevista com os formadores de componentes curriculares de conteúdo específico, foi utilizado um artigo com uma proposta de experimento publicada na *Química Nova*. A entrevista foi realizada com base na leitura prévia desse artigo pelo investigado e que está no ANEXO 1, juntamente com os pré-roteiros utilizados nas entrevistas semi-estruturadas. Não se desconsidera a possibilidade nas entrevistas³³ gravadas em áudio de o discurso dos investigados ser influenciado pelas “expectativas” que estes supunham ter o pesquisador. Afinal, como destaca Bakhtin (2003), todo texto possui um destinatário.

A Análise Textual Discursiva

A análise das informações qualitativas foi orientada pelos procedimentos da análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007; MORAES, 2003). Essa metodologia

³³ As transcrições das entrevistas se encontram em uma mídia anexa. Às vezes, as entrevistas apresentam supressões na transcrição para não identificar os pesquisados e a substituição de nomes por expressões genéricas que estão identificadas entre colchetes.

analítica se encontra em consonância com os pressupostos do viés dialógico e problematizador de educação expressado anteriormente, pois considera que as aprendizagens construídas nas análises podem se constituir em uma intervenção nos discursos e realidades relacionados aos textos analisados (MORAES; GALIAZZI, 2007). Isso se tem denominado de *qualidade política* da análise textual discursiva, também assumida nos objetivos desta pesquisa.

A análise textual discursiva possui três etapas: unitarização, categorização e comunicação. Na primeira etapa, ocorre a fragmentação dos textos em unidades de análise, igualmente denominadas de unidades de sentido ou unidades de significado. Esses textos, no caso da pesquisa, são os artigos da seção *Educação* da revista *Química Nova* e as entrevistas realizadas com os formadores. As unidades de significado são definidas de acordo com os objetivos da investigação para serem, posteriormente, categorizadas. De acordo com Moraes e Galiazzi (2007), no processo de unitarização não se procura unicamente identificar um discurso explícito nos textos. É importante procurar o que está implícito, o contraditório. Subjacente a isso está o entendimento de que não há transparência do discurso, algo em sintonia com a filosofia da linguagem bakhtiniana (BAKHTIN, 2004, 2003). Ainda segundo os autores, ao longo do texto de análise as unidades de significado são empregadas como uma forma não apenas de ilustrar o discurso em discussão, mas de validar as interpretações do pesquisador. Entende-se que isso é uma maneira de superar um relativismo para o qual qualquer interpretação do pesquisador seria válida.

A categorização, segunda etapa da análise textual discursiva, é um processo de natureza classificatória em que as unidades de significado são agrupadas de acordo com as suas semelhanças (MORAES; GALIAZZI, 2007). As categorias, de acordo com a análise textual discursiva, caracterizam-se como *a priori* ou emergentes. As primeiras são predeterminadas, em geral, a partir da teoria orientadora da investigação. Uma limitação sua é possibilitar a perda de informações qualitativas, importantes à pesquisa, por não se enquadrarem no conjunto de categorias predefinidas. As categorias emergentes se opõem às categorias *a priori*, pois o conjunto de categorias é construído a partir das unidades de significado que possuem algo em comum. Isso não significa que as categorias emergentes sejam construídas na ausência de teoria, pois caso contrário se valorizaria a neutralidade do

processo de construção de conhecimento. Como destaca Moraes (2003), toda leitura é realizada à luz de uma teoria, explícita ou implícita. Isso se assemelha às discussões de Hanson (1975), na epistemologia da Ciência, acerca da indissociabilidade entre observação e interpretação em oposição às premissas empiristas. O filósofo argumenta que a interpretação do sujeito depende dos seus conhecimentos e, por isso, sujeitos diferentes podem “ver” coisas diferentes. Afirmar isso não significa que qualquer interpretação seja válida, visto que, como já destacamos, há critérios para validar as categorias. Portanto, se o termo emergente for interpretado de forma simplista remeterá a conclusões pouco adequadas a respeito das categorias emergentes. Nas palavras de Moraes e Galiazzi (2007, p.127), “a emergência [...] não é um brotar de algo, mas uma reconstrução do pesquisador a partir de compreensões teóricas já existentes”. Nesta pesquisa se utiliza um processo de análise misto (MORAES, 2003), isto é, com categorias emergentes e *a priori*, estas baseadas especialmente em investigações que realizamos anteriormente (GONÇALVES; MARQUES; DELIZOICOV, 2007; GONÇALVES; MARQUES, 2006; GALIAZZI; GONÇALVES, 2004) e na perspectiva dialógica e problematizadora de educação que explicitamos.

A comunicação decorre da etapa de categorização a partir da qual se produz o metatexto, que são produções escritas com ênfase descritiva e interpretativa. Para a análise textual discursiva, é fundamental transcender a descrição em direção à interpretação, embora esta esteja implícita na descrição. Entretanto, investir na interpretação significa expressar uma compreensão mais aprofundada do “objeto” investigado, para além da apresentação dos fragmentos dos textos analisados. A ênfase interpretativa está vinculada ao exercício de uma interlocução teórica que ajuda a fundamentar os posicionamentos do pesquisador. Isso contribui no sentido de reforçar o argumento de que não existe neutralidade teórica na investigação. Por outro lado, essa interlocução não é sinônimo de um processo de autoria implícita em que somente aparece a voz dos teóricos. É necessário que estejam presentes as ideias originais do próprio pesquisador, inclusive como um modo de avançar em relação ao conhecimento já existente sobre o assunto pesquisado.

Contribuições de textos de experimentação no ensino de Química ao desenvolvimento profissional dos formadores

Apresentamos a seguir o metatexto decorrente da análise das propostas de atividades experimentais da seção *Educação* do periódico *Química Nova*. As categorias são: a experimentação entremeada por princípios ético-ambientais; conteúdos da experimentação; experimentação dialógica e problematizadora; experimentação: dos materiais alternativos à informática; a relação entre teoria e experimentação; a dimensão estética das atividades experimentais; motivação: objetivo da experimentação?; e o erro e suas implicações para a experimentação.

A experimentação entremeada por princípios ético-ambientais

O discurso sobre experimentação de parte dos autores se caracterizou pela preocupação com a integridade física dos estudantes e a geração, tratamento, redução e reutilização dos produtos das atividades experimentais. Esteve presente ainda a discussão a respeito de visões de meio ambiente, “problemas ambientais” e de conteúdos disciplinares a eles relacionados. Em uma proposta de experimento, por exemplo, aparecem tacitamente orientações para preservar a integridade física dos estudantes:

Para fazer o experimento é possível usar solventes orgânicos¹ onde o NaCl não é solúvel. No entanto, isto traz desvantagens como cheiro, toxicidade etc. O que se deseja fazer é um experimento muito simples, que necessite apenas de substâncias fáceis de se encontrar e que não sejam tóxicas. Também, os instrumentos usados devem ser muito simples, para que este experimento possa ser feito em qualquer lugar. Como isso pode ser feito?

Quanto ao solvente, o mais comum, barato e não tóxico é a água. Mas o cloreto de sódio é solúvel em água de modo que, a princípio, pode-se pensar que a mesma não pudesse ser usada. Mas há um modo de fazer isto: uma solução de cloreto de sódio saturada (D) não dissolve quantidades adicionais do sal. Assim, o líquido a se usar pode ser, perfeitamente, uma solução aquosa saturada de NaCl (TUBINO; SIMONI, 2007, p. 1765)³⁴.

³⁴ As referências das transcrições se encontram no ANEXO 2. Numerais em sobrescrito nas transcrições se referem ao modo da revista apresentar as referências no “corpo do texto” e optou-se por mantê-los.

A utilização de substâncias não tóxicas expressa um cuidado com a integridade física dos estudantes. É uma atitude salutar na docência em qualquer nível de ensino. Tal atitude é exemplar aos licenciandos que atuarão, principalmente, com adolescentes, os quais, de acordo com o Estatuto da Criança e Adolescente (BRASIL, 1990), não podem ser submetidos a situações que ponham em risco sua integridade física. Às vezes, esses adolescentes estão presentes nos primeiros anos dos cursos de graduação em Química. No entanto, independentemente da faixa etária dos alunos, o respeito à integridade física precisa se constituir como condição essencial à realização do experimento. Nem sempre respeitar à integridade física significa, obrigatoriamente, eliminar o uso de substâncias tóxicas. Isso exige do professor cuidados adicionais, como exemplifica a passagem abaixo:

Todas as operações devem ser realizadas em capela e portanto os alunos, divididos em dupla (idealmente), devem se revezar para racionalizar a utilização das capelas disponíveis no laboratório. O aluno que pesar o fenol e manipular o tubo de ensaio deve utilizar óculos de segurança e luvas de látex. Para o esclarecimento quanto ao tratamento de acidentes, normas de descarte e outros cuidados com a manipulação do fenol, deve-se consultar com antecedência a referência¹ ou referências equivalentes (VAZQUEZ; SABADINI; OLIVEIRA, 1991, p.55).

Os cuidados com a integridade física não dispensam o esforço docente na seleção de experimentos menos agressivos ao meio biótico e abiótico. Se há indicativos na comunidade científica de ações menos danosas, as atividades de ensino podem acompanhá-las, não somente para serem coerentes com os trabalhos científicos contemporâneos, mas, sobretudo, por questões de ordem ética que envolvem, por exemplo, o cuidado com o descarte dos resíduos. Aliás, esse cuidado foi mencionado na proposta de atividade experimental representada pelo fragmento anterior. Foi a primeira sugestão de experimento na seção *Educação* a assinalar explicitamente a necessidade de cuidados com o descarte de uma substância. Isso é um indicativo de quanto essa preocupação é relativamente recente entre os químicos. Nessa preocupação com o descarte se fortalece, posteriormente e de forma mais explícita, o discurso sobre o tratamento de resíduos:

Finalizando, o laboratório de ensino é também o local perfeito para despertar a consciência do aluno de química para os cuidados com o meio

ambiente, mostrando a importância e a necessidade de se recolher, tratar e descartar adequadamente os resíduos gerados em cada etapa do trabalho. Esses aspectos devem ser levados em consideração em todas as etapas do procedimento experimental (CARDOSO; LONGO; DE PAOLI, 2005, p.348).

O tratamento de resíduos é importante quando se entende a emissão de resíduos tóxicos como um contra-exemplo de atitude que expressa respeito à vida humana e não-humana e, em consequência, uma ética ambiental (CARVALHO, 2004). Tratar os resíduos, portanto, é uma atividade educativa e não um trabalho técnico alheio à sala de aula. Contudo, o tratamento de resíduos, na qualidade de medida saneadora, possui limitações, pois segue predominante a ideia de resolver um problema inevitável criado pela ação humana. A prevenção, como princípio que procura evitar problemas, tem sido defendida por meio de uma perspectiva denominada Química Verde. Nessa perspectiva, argumenta-se em prol da não produção de resíduos tóxicos sempre que possível. Poucas vezes as propostas de atividades experimentais da seção *Educação* destacam explicitamente a necessidade de prestar atenção à geração de resíduos:

Comparativamente a outros métodos descritos na literatura e já citados anteriormente, este método apresenta como vantagens a utilização de reagentes de baixa toxicidade, o emprego de pequenas quantidades de amostra e reagentes e a geração de poucos resíduos (BRENELLI, 2003, p.138).

O discurso acerca da prevenção da produção de resíduos se constituiu praticamente em um silêncio nas propostas de atividades experimentais analisadas. Quando não se evita a geração de resíduos, o seu tratamento precisa ser uma atividade obrigatória, mormente, em processos educativos que defendem o acesso e uso dos bens naturais como de caráter coletivo. A liberação de resíduos sem tratamento é uma prática contraditória a essa defesa, pois pode implicar — de forma especial no âmbito da indústria — danos ao meio biótico e abiótico. Por conseguinte, os bens naturais podem ter sua disponibilidade reduzida ou inacessível aos que deles dependem, sejam os seres humanos ou outras espécies (CARVALHO, 2004). Embora o discurso relativo à não geração de resíduos ainda seja muito incipiente, há avanços nessa discussão, visto que se procura sob diferentes formas minimizar a sua produção, como explicitam os trechos a seguir:

Os sistemas de análises em fluxo foram propostos com o objetivo de mecanizar procedimentos de análises químicas, reduzindo o envolvimento do operador, melhorando a precisão das medidas e aumentando o número de amostras que podem ser processadas por unidade de tempo. Em muitos casos, o consumo de reagentes e, conseqüentemente, a produção de resíduos são consideravelmente reduzidos em comparação aos procedimentos convencionais (LEITE; FATIBELLO-FILHO; ROCHA, 2004, p.338).

[...] Além desses procedimentos citados necessitarem de longos períodos, especialmente devido às manipulações em grande escala e à técnica de separação utilizada^{1,3,4}, acabam por gerar grande quantidade de resíduos, o que implica em mais um fator desfavorável para um laboratório de ensino. Assim, visando contornar estes inconvenientes, propomos para o experimento de nitração do fenol a utilização de uma escala semi-micro, além de algumas modificações nas condições experimentais, com a utilização de temperatura mais baixa (IMAMURA; BAPTISTELLA, 2000, p.270).

Os procedimentos expressos permitem minimizar a quantidade de reagentes usados e de resíduos. Esse é um aspecto importante quando se promove um diálogo relativo às questões ambientais e ao ensino explícito de atitudes e valores. A minimização dos resíduos, todavia, não pode estar desvincilhada do seu tratamento. Pode ser relevante ainda na discussão de questões ambientais a inserção de experimentos realizados em temperatura ambiente ou sob temperaturas mais baixas que as convencionais, como é proposto no segundo fragmento. A problemática energética atual é um assunto pertinente no ensino de Química, pois essa Ciência possui conhecimentos que possibilitam compreender melhor tal questão, assim como encaminhar “soluções” ou medidas preventivas e minimizadoras de alguns problemas ambientais. Desenvolver atividades experimentais para abordar esse tema ou que sejam exemplos de processos químicos em harmonia com as discussões sobre o problema energético significa, em parte, assumir a produção do conhecimento químico como não neutra. Ou seja, os profissionais da área são responsáveis por colaborarem de forma positiva ou negativa à problemática ambiental. Semelhantemente, o ensino de Química, também não neutro, poderia favorecer a aprendizagem a respeito da não neutralidade dessa Ciência. Assim, a experimentação em sala de aula pode estar em consonância com essa discussão por meio de atividades que auxiliem a questionar o consumo energético desenfreado.

A preocupação com o destino dos produtos gerados aparece ainda de outros modos nas sugestões de experimento:

Muitas das experiências propostas fornecem produtos que são aproveitados como material de partida em outra prática do mesmo curso, normalmente de capítulos diferentes. Isso não só reduz o acúmulo de amostras inúteis nas prateleiras como também as despesas com material de consumo e a dependência de fornecedores comerciais, além de possibilitar a preparação de produtos menos triviais e mais interessantes do ponto de vista didático (BIEBER, 1999, p. 607).

A reutilização dos produtos gerados por um experimento em outros pode ser uma excelente maneira de reduzir o consumo de reagentes. Isso é positivo não somente do ponto de vista econômico, mas, especialmente, como modo de incentivar a reflexão em torno da necessidade de diminuir o consumo irresponsável de matéria-prima. Ao mesmo tempo, evita-se o tratamento a um resíduo que poderia ocorrer com mais consumo de produtos químicos.

A inclusão da ênfase ambiental nas atividades experimentais emergiu também na proposição de novas técnicas de síntese:

Síntese de ácidos *N*-arilftalâmicos utilizando forno de microondas doméstico (Química Verde)

[...]

A principal vantagem desta técnica é o rápido aquecimento das moléculas presentes na mistura, pois este processo não depende da condutividade térmica dos materiais e sim da rotação de dipolo, ou seja, interação na qual moléculas polares tentam se alinhar mudando rapidamente com o campo elétrico das microondas ou condução iônica; neste caso, a transferência de energia ocorre se existirem espécies iônicas ou íons livres no meio sendo aquecidas²³. Além disto, as reações realizadas em forno de microondas são limpas, eficientes, mais seletivas, menos dispendiosas e com excelentes rendimentos.

Tendo como base a viabilidade dessas reações, implementamos a síntese de compostos orgânicos utilizando um forno de microondas doméstico, como prática rotineira para alunos de graduação, nos laboratórios de química orgânica experimental (NAVARRO *et al.*, 2005, p.1114).

O discurso acerca do rendimento é uma característica intrínseca ao laboratório de Química Orgânica que, nesse caso, está acompanhado de uma discussão de cunho ambiental. Analogamente, os discursos relativos à pureza dos produtos, reprodutibilidade,

etc., presentes nas distintas componentes curriculares de Química, podem ser igualmente seguidos de uma ênfase ambiental. Seria uma possibilidade de ressignificar esses discursos, tais como o do rendimento na Química Orgânica, em direção a uma perspectiva formativa que valorize a “dimensão ética” no ensino de Química na educação superior e básica.

A presença dessa “dimensão ética” apareceu na discussão do conteúdo do experimento:

Através da concepção CTS é possível abordar aspectos ambientais da indústria química moderna de um modo interdisciplinar, contribuindo construtivamente para o debate sobre a relação desenvolvimento industrial e a sociedade em que está inserido [...].

A experiência descrita neste trabalho baseia-se no processo químico industrial de produção de óleo de soja, aplicado na disciplina de Química Geral, oferecida para o primeiro ano do curso de graduação em Química – licenciatura e bacharelado. O experimento vem sendo usado no ensino de conceitos básicos de química envolvidos no processo industrial e suas implicações para o meio ambiente (VIANNA; PIRES; VIANA, 1999, p.765).

Freire (1996), ao mencionar a importância da ética no processo educativo, destaca que ensinar conteúdos não implica negligenciar a formação moral do educando, caso seja um escopo da docência promover um movimento da ingenuidade à criticidade. De forma semelhante, abordar conteúdos conceituais por meio de experimentos não é incompatível com uma discussão sobre valores e atitudes, como parece ser aquela implícita na sugestão de atividade experimental representada acima, ao sinalizar o ensino das implicações de determinado processo industrial para o “meio ambiente”. Em outros casos, o próprio conceito estudado favorece uma discussão em torno de questões éticas relacionadas à Química e ao “meio ambiente”:

O objetivo deste trabalho foi fazer com que os alunos pudessem vivenciar no laboratório o conceito de economia atômica durante a síntese de alguns produtos por duas rotas distintas, através do cálculo da porcentagem de utilização atômica (%A), do rendimento obtido e do fator E (MERAT; SAN GIL, 2003, p.779).

O conceito de economia atômica³⁵ enfatizado pela Química Verde está relacionado com metodologias sintéticas que maximizem a incorporação dos materiais de partida no produto final. Tais metodologias são um avanço, uma vez que buscam aumentar a eficiência do processo de obtenção do produto desejado e reduzir a geração de resíduos. Todavia, o ensino a respeito da economia atômica não precisa e não pode ser realizado ingenuamente, pois por si só esse parâmetro é insuficiente para garantir, por exemplo, atividades experimentais menos agressivas do ponto de vista ambiental. Às vezes, experimentos que atendem ao princípio de economia de átomos geram produtos ambientalmente menos adequados em comparação a experimentos que não atendem a tal princípio. Portanto, se forem um dos objetivos da prática docente as discussões de cunho ambiental, é preciso transcender um ensino exclusivamente conceitual, embora os conhecimentos científicos sejam imperativos para fortalecer a educação de valores e atitudes (MARQUES *et al.*, 2007).

Também está em sintonia com o discurso da Química Verde a utilização de substâncias oriundas de fontes renováveis. Isso foi defendido, ainda de forma pouco significativa, por autores:

[...] carboidratos de baixos pesos moleculares são extremamente atrativos como matéria-prima para experimentos laboratoriais de química, devidos aos seguintes aspectos: disponibilidade em grandes quantidades, baixos custos, produtos oriundo de tecnologia renováveis e ecologicamente adequados (FERREIRA; SILVA; PERRONE, 2001, p.905).

O uso de substâncias providas de fontes renováveis em atividades experimentais se constitui em uma atividade exemplar a futuros químicos e professores da área. No entanto, os experimentos em harmonia com um discurso ambiental, como o da Química Verde, podem ser insuficientes para promover a aprendizagem de atitudes importantes do ponto de vista ambiental. Ou seja, o processo educativo pode se encerrar em uma perspectiva puramente comportamentalista, na qual a ênfase está no ensino normativo de procedimentos e que não traz como consequência, necessariamente, a aprendizagem de

³⁵ Economia atômica é um parâmetro teórico que permite calcular a quantidade de reagentes incorporados aos produtos com base na equação da reação. Por conseguinte, possibilita avaliar a quantidade de rejeitos emitidos na reação em estudo.

atitudes (CARVALHO, 2004). Por exemplo, químicos com comportamentos ambientalmente exemplares em suas atividades profissionais não apresentam, de forma obrigatória, comportamentos semelhantes quando precisam dar destino ao seu lixo doméstico. A formação de atitudes em direção a uma ética ambiental não se reduz à valorização de comportamentos isolados, mas, como expõe Carvalho (2004, p.182), refere-se a “um processo de amadurecimento de valores e visões de mundo mais permanentes”. Por isso, a Química Verde, que advoga em favor dos reagentes oriundos de fontes renováveis, não é uma espécie de panacéia da qual os químicos precisam se apropriar. Esses profissionais durante sua formação necessitam se apropriar de determinados valores e atitudes que se traduzam no respeito ao meio biótico e abiótico. De outra parte, parece-nos que tais valores podem constituir os princípios defendidos pela Química Verde, cuja presença no currículo da licenciatura em Química poderia tornar explícita a relação entre os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais e, conseqüentemente, favorecer uma melhor formação profissional. Não obstante, é possível identificar outros limites na “incorporação” do discurso da Química Verde em propostas de atividades experimentais:

[...] Durante o curso de Química Orgânica Experimental de 2002, introduzimos três novos experimentos envolvendo as seguintes áreas do conhecimento: eletrossíntese orgânica (hidrogenação de compostos orgânicos insaturados)⁸, extração de voláteis do aroma do abacaxi (“headspace” dinâmico)⁹ e síntese orgânica no estado sólido utilizando microondas (química ambiental)¹⁰. A seguir, procuramos mostrar a importância da introdução destes experimentos na graduação.

A química orgânica moderna procura pesquisar reações que sejam mais eficientes, seletivas, menos poluentes e que possam ser realizadas em condições simples de trabalho, melhorando os processos de síntese já conhecidos⁸. [...]

A “Química Verde” tornou-se uma área da química aliada à saúde humana, sem perder o desenvolvimento necessário, por isso sua prática vem sendo incentivada pela academia de pesquisa, indústria e governo (NAVARRO *et al.*, 2005, p.1111).

Ao enfatizar a “Química Verde como área aliada à saúde humana”, o discurso dos autores parece estar arraigado em uma visão antropocêntrica de meio ambiente que desvaloriza a dimensão não humana em detrimento da humanidade. O desenvolvimento de uma “Química sustentável”, em última análise, teria como finalidade beneficiar a espécie humana, pois o “meio natural” estaria a seu serviço. O antropocentrismo, por isso, legitima

a dicotomia entre humanidade e meio ambiente. Essa visão antropocêntrica também se caracteriza como uma compreensão presente entre professores de Química da educação básica (MARQUES *et al.*, 2007). Isso reforça a necessidade de questioná-la nos processos de formação docente, o que não significa optar por uma visão naturalista para a qual o “meio natural” deveria ser intocável pelo ser humano. O conceito de sociobiodiversidade exposto por Carvalho (2004), como uma interação entre os humanos e a “natureza” e que a enriquece, é um exemplo de que nem sempre é nefasto o produto da relação entre cultura humana e “natureza”. Essas considerações acerca de experimentos que se manifestam em sintonia com a Química Verde revelam que isso, por si só, é insuficiente para representar uma visão ética da experimentação.

Uma compreensão aparentemente mais ampla da inserção da faceta ambiental no texto sobre experimentação foi proposta por outros autores:

[...] Este experimento qualitativo mostra a capacidade dos grupos etilenodiana ancorados na superfície da sílica em complexar os metais presentes na água, enquanto as demais sílicas não são capazes de adsorver os cátions [...]. Deve-se explorar a aplicação direta destes materiais em química verde — uso destes sólidos básicos para a remoção de contaminantes de efluentes²³ — durante o acompanhamento com os estudantes. Como estes materiais apresentam grupos básicos dispersos em sua estrutura, devem interagir com compostos ácidos como os metais pesados permitindo, assim, a remoção de contaminantes e formando uma consciência ambiental nos novos profissionais²⁴ (PRADO; FARIA; PADILHA, 2005, p. 546).

Apesar de haver a possibilidade de incorrer na tentativa de formação de uma consciência ambiental por meio de uma abordagem comportamentalista, a argumentação mencionada acima, que procura aliar a formação de uma consciência ambiental a uma formação científica, é positiva e encontra ressonância na ideia defendida por Freire (1996), ao discutir a dimensão ética no ensino. O autor destaca que o processo educativo reduzido ao treinamento técnico é uma forma de “amesquinhar” o caráter formador desse processo. A opção por um treinamento técnico ou outra proposta educacional revela a natureza política da educação e a sua não neutralidade. A limitação do ato educativo a um treinamento técnico é um obstáculo à formação de sujeitos capazes de atuarem criticamente na sociedade.

Em síntese, o discurso sobre experimentação de parte dos artigos analisados explicita uma preocupação especial com a integridade física dos estudantes, bem como com as consequências do descarte dos resíduos oriundos das atividades experimentais. Em relação aos resíduos, aparecem sugestões de como minimizá-los ou reaproveitá-los. O discurso relativo à prevenção da geração de resíduos se constituiu praticamente taciturno, o que, obviamente, não implica subestimar os avanços, ao longo do período analisado, em relação à problemática dos resíduos. A proposição de novas técnicas sintéticas, menos agressivas do ponto de vista ambiental, também se caracterizou como uma possibilidade de inserir o debate ambiental em sala de aula. A dimensão ambiental aparece ainda na proposição de discussões do conteúdo desenvolvido na proposta de experimento, que podem ser catalisadas, às vezes, pelo próprio conteúdo, como no caso da economia atômica. Defende-se, nesse sentido, que a abordagem de conteúdos conceituais não impede o ensino de atitudes e valores, pelo contrário. No entanto, a abordagem de atitudes e valores precisa transcender uma perspectiva educacional comportamentalista, do mesmo modo que é necessário superar uma visão antropocêntrica de meio ambiente.

Conteúdos na experimentação: dos conceitos às atitudes

Os conteúdos ensinados por meio das atividades experimentais propostas nos artigos analisados foram agrupados, para fins analíticos, em conceituais, procedimentais e atitudinais (POZO, 2003). Em relação aos conteúdos conceituais, os autores apontaram, tacitamente, justificativas para o seu ensino por meio dos experimentos:

O experimento proposto permite introduzir conceitos relacionados à análise em fluxo e detecção por quimiluminescência, através de uma aplicação analítica (incluindo a possibilidade de se discutir o significado e os procedimentos para a estimativa de características analíticas importantes) e do monitoramento cinético de reações enzimáticas. Desta forma, é adequado para ser implementado nas disciplinas de análise instrumental, Físico-Química ou Bioquímica, podendo ser executado em um período de 4 h, incluindo o preparo das soluções. Além disso, é possível a discussão sobre aspectos instrumentais envolvidos em diferentes métodos ópticos de análise (espectrofotometria e fluorescência). Essas características vêm de encontro à necessidade de se desenvolver experimentos que englobem um número maior de conceitos, visando evitar a omissão de assuntos importantes por falta de tempo e, por

outro lado, reduzir os custos associados às práticas desenvolvidas em laboratórios didáticos (LEITE; FATIBELLO-FILHO; ROCHA, 2004, p.341).

De acordo com os autores, o experimento é um modo de introduzir conceitos. O ensino conceitual por intermédio de atividades experimentais é uma crença antiga entre os professores. A literatura (BERNARDINO LOPES, 2002) indica que a experimentação pode contribuir positivamente à aprendizagem conceitual. No entanto, não é consensual a sua utilização para introduzir conceitos. Wellington (1998), por exemplo, desacredita nas atividades experimentais como forma de “ensinar a teoria”, visto que os alunos teriam dificuldades para explicar o fenômeno observado sem terem se apropriado do conhecimento teórico. Tal perspectiva de introduzir a teoria por meio da experimentação, segundo o autor, pode aludir à aprendizagem por descoberta. Essa defesa não significa, em absoluto, negar a utilização das atividades experimentais no momento inicial do ensino de um conteúdo teórico. Shiland (1999), nessa direção, sinaliza a possibilidade de utilizar os experimentos para favorecer a explicitação do conhecimento discente sobre o assunto a ser ensinado.

A passagem acima ainda merece uma reflexão em torno da ideia de o experimento permitir a discussão de vários conceitos e, conseqüentemente, reduzir os custos com atividades experimentais. Se, por um lado, é importante desenvolver experimentos que envolvam diferentes conceitos de várias áreas da Química, inclusive como maneira de minimizar a difusão de uma visão fragmentada dessa Ciência, por outro, a valorização dos aspectos econômicos como justificativa para realizar determinado experimento precisa ser repensada. Nem sempre experimentos mais econômicos são, obrigatoriamente, promotores da aprendizagem conceitual ou menos agressivos do ponto de vista ambiental. Outros autores consideraram a experimentação a melhor maneira de ensinar os conceitos:

[...] Como a teoria tem sido historicamente desenvolvida para explicar os fatos experimentais, achamos que a melhor maneira de fixar os conceitos teóricos seria a partir da análise dos resultados obtidos nas experiências (SOARES; PIRES; SOUZA, 1987, p.28).

Para Hodson (1994), a aprendizagem — e não a pobre ideia de “fixação” explorada pelos autores — de conceitos por meio das atividades experimentais nem sempre é bem-

sucedida e, às vezes, tais atividades dificultam a aprendizagem, que poderia ocorrer de outra forma. O argumento de Hodson (1994) combate a crença nos experimentos como promotores incondicionais da aprendizagem. Aliada a isso está a necessidade de ensinar aos estudantes que nem tudo pode ser conduzido por meio da experimentação e que, no âmbito da Ciência, são também importantes atividades como discussão e imaginação (WELLINGTON, 1998).

O ensino e a aprendizagem de procedimentos foram do mesmo modo ressaltados e, assim como na aprendizagem conceitual, apareceram justificativas para ensiná-los, como expõe o fragmento a seguir:

A crescente utilização das técnicas termoanalíticas justifica plenamente tal discussão, pois alunos de graduação nem sempre têm acesso às técnicas, encontrando dificuldades no trabalho como profissionais. Devido à sua importância, questões envolvendo as técnicas termoanalíticas estão incluídas no programa do Exame Nacional de Cursos, o “Provão”, referente aos cursos de graduação em química (BERNAL *et al.*, 2002, p.851).

A aprendizagem de determinadas técnicas pelos estudantes da educação superior parece estar alicerçada nos objetivos do curso no qual eles se encontram. Para um químico, bacharel ou professor, é imprescindível a apropriação de técnicas relacionadas ao laboratório, se for escopo do processo educacional ao qual ele está submetido a formação de profissionais qualificados no uso de suas atribuições. Isso não significa que alunos da educação básica precisem, igualmente, aprender tais técnicas. Os conteúdos procedimentais a serem aprendidos pelos estudantes desse nível de ensino não precisam ser, de forma obrigatória, os mesmos abordados na educação superior, pois não se trata da formação de “jovens cientistas”. Na qualidade de ações ou conjunto de ações ordenadas com uma meta, os conteúdos procedimentais estão relacionados com o saber fazer e nisso se assenta a sua importância. Por exemplo, alunos do ensino fundamental e médio que aprendem o conceito de temperatura não, necessariamente, sabem manipular e utilizar diferentes tipos de termômetros. Além disso, na passagem acima se justifica o ensino de determinado conteúdo procedimental com base nos meios oficiais de avaliação dos cursos de educação superior. A presença da voz do discurso oficial é um indicativo da polifonia do texto e, assim,

legitimaria o ensino de certos conteúdos procedimentais; algo que, em certas ocasiões, pode ser repensado.

Outro tipo de procedimento apontado como um conteúdo a ser aprendido nas atividades experimentais foi a observação:

Neste tipo de atividade, pode-se observar que experimentos demonstrativos despertam as habilidades de observação e envolvem os alunos, chamando a atenção pela sensibilidade. Cabe ao professor mediar a assimilação do conhecimento vinculado a cada experimento (ARROIO *et al.*, 2006, p.178).

A aprendizagem da observação é um objetivo bastante antigo atribuído às atividades experimentais, visto que Zanetic (1974), há mais de 30 anos, já tinha identificado a valorização de tal objetivo entre docentes de Física na educação superior. Isso pode estar associado, às vezes, ao entendimento empirista de que a construção do conhecimento tem como gênese a observação neutra. Contrariamente, compreende-se que ensinar os alunos a observarem implica ensiná-los a utilizar os conhecimentos teóricos para tal, isto é, a experimentação não ocorre no “vácuo teórico” (WELLINGTON, 1998).

Essa forma de entender a observação é um sinal de que os conteúdos procedimentais não se reduzem à dimensão manipulativa. Ainda podem ser considerados conteúdos procedimentais o desenvolvimento de previsões, o planejamento de experimentos, a organização e análise dos dados etc. (INSAUSTI; MERINO, 2000). Como os procedimentos são conteúdos menos específicos — não significa dizer que sejam desprovidos de especificidade — que os conceitos (POZO, 2003), eles favorecem a aproximação das diferentes áreas da Química, bem como dos conteúdos dessa Ciência com os de outras. As técnicas cromatográficas, por exemplo, são utilizadas por áreas como Química Orgânica, Físico-Química e Botânica. Em suma, a própria experimentação pode contribuir para a interação entre várias áreas do conhecimento (BRASIL, 2002).

Os conteúdos atitudinais, por sua vez, aparecem de forma mais tácita que os conceituais e procedimentais nas propostas de experimento. Exemplos de conteúdos atitudinais ensinados por meio da experimentação são apresentados abaixo:

Através do desenvolvimento do processo de extração do óleo de soja, o aluno pode discutir técnicas de laboratório (extração com solventes, dois

tipos de destilações, centrifugação, filtração, determinação de proteína, floculação, secagem de líquidos e adsorção), conceitos químicos básicos (polaridade de substâncias, proteínas, gorduras, óleos, pressão de vapor, pressão parcial, diagrama de fase, fração molar, estequiometria, solubilidade, reações de saponificação e neutralização ácido-base), precauções e segurança em laboratório e na indústria (destilação de substâncias inflamáveis, corrosão por álcali e o uso correto de equipamentos e vidrarias), aspectos econômicos do processo químico industrial e cuidados que devem ser tomados na preservação do meio ambiente (VIANNA; PIRES; VIANA, 1999, p.765).

Os cuidados associados à segurança e ao “meio ambiente” na condução dos processos químicos são exemplos de atitudes a serem ensinadas durante as atividades experimentais. As atitudes apresentam uma menor especificidade do que os procedimentos e conceitos (POZO, 2003). Aprender a respeitar o “meio ambiente” é um conteúdo a ser ensinado nas diferentes áreas da Química e por meio de atividades para além da experimentação. Acrescenta-se que é pouco adequado elaborar atividades para abordar somente uma determinada atitude, pois o currículo de conteúdos atitudinais precisa ser contínuo (POZO, 2003). O fragmento acima também indica que os conceitos, procedimentos e atitudes são conteúdos que se relacionam e a distinção entre eles é analítica.

Enfim, as propostas analisadas sugerem a experimentação como um modo de ensinar conceitos, procedimentos e atitudes, e os autores apresentam diferentes justificativas para utilizar as atividades experimentais no ensino desses conteúdos. A experimentação poderia se constituir em uma maneira de introduzir a teoria e nisso pode estar implícita uma crença na visão empirista de construção do conhecimento que, ao mesmo tempo, pode permear outros objetivos comumente atribuídos às atividades experimentais, como o de ensinar a observar. A observação foi um dos conteúdos procedimentais mencionados juntamente com um conjunto de técnicas químicas. Já o ensino de atitudes apareceu de forma mais implícita no discurso dos autores, embora entendamos que um docente não pode decidir se seus alunos irão aprender ou não atitudes, mas quais atitudes podem aprender, pois na prática pedagógica há exemplos de conteúdos atitudinais mesmo que o professor não os identifique.

Conteúdos na experimentação: a importância do que se aprende

O discurso sobre os conteúdos abordados nas atividades experimentais é acompanhado de considerações acerca da importância desses conteúdos. Em certa medida, isso imprime determinadas características às atividades experimentais, como a possibilidade de exemplificar conceitos:

[...] Assim, visando à elaboração de experimentos para uma disciplina experimental avançada de química orgânica no período noturno, com uma carga horária semanal de 6 h (4+2 h), pensou-se em projetos de síntese que envolvessem seqüências de 4 a 6 etapas com as seguintes características: compatibilidade com o tempo disponível, produtos de fácil purificação e caracterização, possibilidade de manipulação em escala semi-micro ou micro e, principalmente, experimentos que permitissem aos alunos a sedimentação de conceitos básicos, com exemplos envolvendo aspectos de suas vidas cotidianas (BAPTISTELLA; GIACOMINI; IMAMURA, 2003, p.284).

A utilização das atividades experimentais para exemplificar o conteúdo em situações cotidianas do aluno é uma característica do discurso a respeito da experimentação, notadamente para a educação básica (GONÇALVES; MARQUES, 2006; ARAÚJO; ABIB, 2003), e que permearam do mesmo modo as sugestões de experimento para a educação superior. A ideia de ensino de Química do cotidiano tem sido criticada, especialmente no âmbito do ensino médio, devido ao seu caráter “conteudista” disfarçado com aspectos do dia-a-dia dos estudantes (SANTOS; MORTIMER, 2000). O conceito de contextualização, mais complexo do que a ideia de ensino de Química do cotidiano, perpassou igualmente os experimentos analisados:

A contextualização do ensino é fundamental para que a aprendizagem seja efetiva isto fica bem claro na essência dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN's [...]

[...]

Os experimentos realizados são simples, têm baixo custo e envolvem uso de poucos reagentes e materiais. Conceitos químicos importantes podem ser abordados de maneira contextualizada com as atividades experimentais descritas, sendo que conforme o grau de dificuldade e sofisticação podem ser adaptadas com o nível de ensino que se destinem. Dada a simplicidade da proposta, as aplicações didáticas podem ser

realizadas sem a necessidade de infra-estrutura laboratorial para aulas práticas (TERCI; ROSSI, 2002, p.685).

[...] A abordagem da síntese do biodiesel é uma possibilidade de contextualização de conceitos como formação de emulsões e sua estabilidade, bem como o fenômeno de catálise que representa uma opção válida de trabalho para estudantes ingressantes no ensino superior (RINALDI *et al.*, 2007, p. 1379).

No primeiro fragmento, os autores evocam o discurso oficial de inovação curricular da educação básica para apoiar o conceito de contextualização. Esse conceito é caracterizado pela sua polissemia na discussão educacional, e a sua incorporação é interpretada positivamente no discurso sobre as atividades experimentais (GONÇALVES; GALIAZZI, 2004). A defesa de experimentos contextualizados implica transcender a ideia de exemplificação dos conteúdos por meio da prática ou da realidade como mera ilustração, como advoga um ensino de Química do cotidiano, e caminhar em direção a uma abordagem que contemple as dimensões econômicas, sociais, culturais e ambientais vinculadas ao conteúdo desenvolvido na atividade experimental. Uma possibilidade de favorecer um ensino contextualizado pode ser a busca por uma articulação com os referenciais ligados ao enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no ensino, como propõem estes autores:

Estamos convencidos de que a abordagem CTS, usando problemas de Química relacionados com situações reais e do cotidiano, salienta a relevância dos conceitos básicos de química, motivando e despertando maior interesse do aluno no processo de aprendizagem (VIANNA; PIRES; VIANA, 1999, p.767).

O desenvolvimento de atividades experimentais com enfoque CTS já tem sido apresentado no ensino de Ciências (CARRASCOSA *et al.*, 2006). Entre as contribuições apontadas pela literatura acerca da inserção da abordagem CTS no ensino, se pode mencionar o combate a uma visão linear de desenvolvimento científico e tecnológico, segundo a qual esse desenvolvimento implicaria obrigatoriamente mais riquezas e bem-estar social, assim como à suposta neutralidade da Ciência e da Tecnologia. Embora o ensino de Ciências fundamentado no enfoque CTS possa ser caracterizado por diferentes objetivos, como aqueles sinalizados implicitamente no fragmento acima, cuja finalidade é motivacional, entendemos que esse enfoque pode colaborar para a construção de

conhecimentos científicos e de valores importantes na tomada de decisões relativa a problemas relacionados à Ciência e à Tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2000). Esse escopo do ensino em uma abordagem CTS pode superar a ideia de realizar atividades para mostrar a aplicação dos conteúdos estudados, ideia que apareceu em parte dos experimentos propostos:

Os resultados aqui apresentados demonstram que técnicas fundamentadas em conceitos extremamente simples, onde a visualização dos aspectos teóricos se dá de forma direta e as formulações matemáticas adquiriram sentido físico, podem fornecer resultados bastante precisos, motivando os alunos para estudos mais avançados. Finalmente, cabe destacar que a realização deste experimento possibilita uma ampla discussão sobre as aplicações industriais dos surfactantes nos mais diversos setores produtivos (BEHRING *et al.*, 2004, p. 495).

A utilização da experimentação para discutir ou mostrar as aplicações industriais de um determinado conteúdo pode se encerrar em um discurso próximo àquele de um ensino de Química do cotidiano, bem como se distanciar deste se o professor incluir em sua abordagem, por exemplo, as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. A ideia de aplicação pode estar em sintonia com aquela de exemplificação discutida anteriormente.

Portanto, na visão dos autores citados, as atividades experimentais podem ser um meio de favorecer a exemplificação de aspectos do dia-a-dia dos estudantes e que estão relacionados aos conteúdos. Os experimentos “contextualizados” e orientados por uma abordagem CTS se aproximam de uma visão mais complexa relativa às atividades experimentais. Nesse sentido, a intenção de abordar uma realidade que transcenda o meio “escolar” por meio de experimentos pode ser apoiada por articulações recentes entre o referencial freireano e aqueles relacionados ao enfoque CTS (MUENCHEN; AULER, 2007). Essa perspectiva chama a atenção para o fato de que a leitura crítica da realidade, reivindicada por Freire (2005), está associada a uma compreensão igualmente crítica das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. De acordo com Freire (1977), o desvelamento da realidade ocorre na superação da pura “doxa” — mera opinião ingênua — pelo *logos* da realidade, ou seja, por meio da tomada de consciência da realidade via problematização e que, portanto, visa a uma ação transformadora da realidade que independe, segundo o educador brasileiro, unicamente da apropriação de conhecimentos

relacionados à Ciência e à Tecnologia. Isso seria um reducionismo que concebe a solução de problemas da realidade como essencialmente de caráter científico e técnico. Cumpre notar ainda que a utilização pelos autores do discurso de inovação curricular para a educação básica parece ser uma intenção de estender aquilo que é realizado na educação superior para aquele nível educacional, particularmente o ensino médio. Essa interpretação pode ser reforçada com a discussão, mais adiante, da categoria “experimentação: dos materiais alternativos à informática” e da subcategoria que segue abaixo.

Conteúdos na experimentação: para além da disciplinaridade

Parte dos autores enfatizou a necessidade de a experimentação ser desenvolvida em uma perspectiva que transcenda, de forma explícita, a dimensão puramente disciplinar. Nesse sentido, o discurso sobre a interdisciplinaridade permeou propostas de atividades experimentais:

As atividades experimentais deste trabalho podem ser empregadas didaticamente para favorecer a articulação entre teoria e prática no ensino superior, valorizando a pesquisa individual e coletiva, atendendo as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação e como um tema interdisciplinar no ensino médio, atendendo as recomendações dos PCN's. A interdisciplinaridade deste experimento consiste desde os procedimentos da química analítica, orgânica e físico-química, até os conceitos de biologia (classificação botânica) e geografia (tipo de clima e solo para o cultivo destas espécies), relacionando uma grande quantidade de informações relevantes aos alunos de um modo interessante, atraente e contextualizado (TERCI; ROSSI, 2002, p.687).

Mais uma vez, a voz das orientações curriculares oficiais aparece como um modo de apoiar a proposta de atividade experimental dos autores. A menção aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) parece ser uma maneira de incentivar a realização do experimento no ensino médio. A descrição acima sugere que o assunto abordado no experimento pode ser compreendido melhor quando estudado à luz dos conhecimentos de diferentes áreas. Essa é uma característica positiva do assunto do experimento, mas também é importante discutir o conceito de interdisciplinaridade diante da quantidade de significados que o termo pode assumir na literatura. Apesar de o assunto do experimento de Química estar fortemente entremeado por conceitos de outras componentes curriculares —

Biologia e Geografia — não é papel do professor de Química ensiná-los, sobretudo, porque não possui a qualificação que outro profissional tem para ensinar um conceito de sua área. Nisso está implícito o respeito à fragmentação, sem negar a necessidade de totalização, como prevê a perspectiva freireana de educação (DELIZOICOV; ZANETIC, 1993). Além do mais, na passagem acima aparece a ideia de um ensino contextualizado, que pode ser um reflexo do fato de o conceito de contextualização ter sido articulado ao de interdisciplinaridade nas discussões curriculares oficiais para a educação básica (BRASIL, 2002).

A interação entre as diferentes áreas da Química na abordagem do conteúdo foi mencionada, de forma mais explícita, em outra proposta de atividade experimental:

O desenvolvimento da Química e os trabalhos de interface com áreas correlatas têm gerado grandes desafios para o ensino desta ciência. Um deles é a necessidade de incluir uma quantidade cada vez maior de conceitos, técnicas e informações importantes, sem que haja aumento do tempo dedicado às diferentes disciplinas. Uma alternativa para este problema é a proposição de experimentos que associem diferentes informações, permitindo explorar melhor o tempo disponível e, ao mesmo tempo, reduzir gastos. Essa estratégia também permite demonstrar que a compartimentalização da Química em diferentes áreas é artificial¹, visto que a interpretação dos fenômenos com que o aluno se depara no dia-a-dia requer uma abordagem diferente, que utilize os conceitos químicos de maneira unificada e associada para seu entendimento. Os diferentes conceitos e técnicas introduzidos nas disciplinas de Química Analítica, por exemplo, são indispensáveis para a obtenção de informações relacionadas às outras disciplinas.

Neste contexto, é proposto um experimento para alunos de graduação em Química e áreas correlatas, que permite introduzir conceitos relacionados à análise em fluxo, quimiluminescência, reações enzimáticas e cinética química (LEITE; FATIBELLO-FILHO; ROCHA, 2004, p.337).

Apesar de o discurso dos autores sobre a possibilidade de favorecer a interação entre as diferentes áreas da Química ter como finalidade, em parte, a ideia de “ensinar” uma maior quantidade de conteúdos e reduzir gastos, aparece a intenção de um ensino de Química menos fragmentado. Ressalta-se que não cabe exclusivamente às atividades experimentais proporcionar o desenvolvimento de um ensino de Química que reduza os excessos de fragmentação dos conhecimentos docentes e discentes, embora, como salientam os autores, estas possam estar em harmonia com tal objetivo.

Além disso, o conceito de multidisciplinaridade também emergiu nos textos de experimentação:

Cada um dos experimentos elaborados, neste trabalho, visa à introdução de conteúdos tradicionais aliados a conteúdos não-convencionais, mostrando a multidisciplinaridade presente na química orgânica atual, que é de considerável importância dentro da química laboratorial moderna (NAVARRO *et al.*, 2005, p.1112).

No relatório que os alunos apresentam sobre o experimento e nas aulas que se seguem podem ser abordados temas correlatos, de natureza multidisciplinar, que envolvem o cotidiano do estudante e contribuem para um aprendizado mais eficiente (OSÓRIO; OLIVEIRA, 2001, p.707).

O conceito de multidisciplinaridade parece ser usado nos artigos para se referir a assuntos que necessitam de distintas áreas para tratar o fenômeno estudado. Os fragmentos acima indicam o caráter multidisciplinar dos experimentos e a sua função catalisadora de discussões multidisciplinares. Destaca-se que a multidisciplinaridade não provoca, obrigatoriamente, a integração teórica ou metodológica de distintas áreas de conhecimento (CARVALHO, 2004).

Portanto, parte das propostas de atividades experimentais analisadas procura se inserir em uma perspectiva que não se encerra em um discurso excessivamente disciplinar e fragmentado. Todavia, é importante reiterar que não é papel exclusivo da experimentação promover um ensino menos fragmentado.

Experimentação dialógica e problematizadora

Parte dos autores manifestou, explícita ou implicitamente, a necessidade de “diálogo” nas atividades experimentais. Tal manifestação está em sintonia com o viés dialógico e problematizador, isto é, aquele no qual o diálogo leva à problematização. Uma das características assinaladas desse viés foi a ideia de que não necessariamente o professor possui todas as respostas às perguntas discentes:

A interpretação de cada experiência é tentada pelos alunos e pelo professor, à medida que a própria curiosidade do aluno leve este a chamar o professor e perguntar-lhe o que está ocorrendo. É claro que muitas vezes

ocorre ao professor não conseguir interpretar de imediato o que se passa, mas é justamente aí que a aula fica mais rica. É nesse momento, em que aluno e professor põem as suas cabeças a trabalhar em conjunto, que o aprendizado se dá com maior intensidade. É nesse momento que o aluno participa intensamente da aula e aprende (FARIA, 1985, p.167-168).

O autor parece superar a compreensão do professor como sujeito que deve, em todas as ocasiões, responder às perguntas dos alunos. Aliás, como diz Freire (1996), é relevante o professor dizer aos discentes que não tem resposta a suas perguntas, quando for o caso, pois isso contribui, inclusive, para os estudantes confiarem nas respostas àqueles questionamentos que souber responder. De outra parte, Freire (1996) ressalta que a dialogicidade não implica a negação de momentos explicativos. Ou seja, uma prática dialógica não exclui a possibilidade de o professor responder a indagações, visto que, se o processo é efetivamente dialógico, todos têm o direito de se expressar. Além disso, merece destaque o fato de o experimento proporcionar as perguntas dos alunos, pois muitas vezes se proporciona somente suas respostas às questões docentes.

A presença de “problemas” que se aproximam, em certa medida, de uma perspectiva dialógica e problematizadora caracterizou outras sugestões de experimentos. Um dos propósitos desses “problemas” foi orientar a atividade experimental:

Apesar do que foi dito anteriormente sobre a propriedade de uma solução tampão resistir à variação do seu valor de pH, esta resistência também tem seus limites. **Quais são os limites para esta resistência?** Esta é a pergunta que se pretende responder na aula de hoje (SILVA; SIMONI, 2000, p.408).

El desarrollo de actividades de laboratorio es una oportunidad ideal para poner en práctica el Método Científico y, de este modo, obtener respuestas acertadas para un problema planteado. Sin embargo, frecuentemente, los objetivos fundamentales buscados en el desarrollo de un experimento no son alcanzados, la principal razón es que en la literatura científica, muchos de los experimentos se dan a conocer como simples recetas de cocina¹. Una investigación publicada hace algún tiempo², plantea la idea de realizar las demostraciones experimentales de manera tal que el estudiante desarrolle su espíritu crítico. Por este motivo se ha diseñado esta actividad, cuyo interés es mostrar com se lleva a cabo un experimento bajo el rigor del Método Científico y, al mismo tiempo, despertar el interés de los estudiantes por la investigación científica (BUSTOS et al., 2000, p.568).

Realizar experimentos como resposta a uma problematização se configura como um processo em harmonia também com posicionamentos epistemológicos contemporâneos, como o de Bachelard (1996), ao afirmar que a gênese do conhecimento é uma pergunta. Esse discurso contemporâneo, de outra parte, pode ser acompanhado por um mais criticado pela moderna filosofia da Ciência, como aquele que advoga em favor do método científico, explícito no segundo fragmento. Hodson (1994) ressalta a crença dos professores na experimentação como maneira de aprender sobre o método científico. Um dos equívocos está em acreditar e difundir a ideia de que existe um método científico único e infalível. Outra incorreção é supor que os alunos aprenderão Ciências ao percorrerem os mesmos caminhos que os cientistas.

A orientação epistemológica explícita apareceu em outras propostas de experimentos em sintonia com princípios de uma perspectiva dialógica e problematizadora:

Há muito que já observei serem as aulas práticas sobre o tema eletrólise muito importantes para a compreensão correta deste fenômeno, principalmente ao nível de graduação de nossas universidades. Mesmo a simples eletrólise da água, a partir de soluções ácidas ou básicas, é de difícil compreensão pelo aluno, se não lhe dermos tempo para refletir e perguntar sobre o que está observando, o que só pode ser feito durante uma aula experimental.

Juntando esta observação com os princípios da epistemologia de Popper¹, que prega um ensino apoiado sobre os próprios erros e acertos, idealizei uma aula experimental cujos efeitos têm sido surpreendentemente favoráveis quanto aos aspectos de aprendizagem e, principalmente, do interesse dos alunos. Frases como “pena não haverem mais práticas como essa” e “... até que enfim uma prática interessante” eu já me acostumei a ouvir, mas nem por isso deixo de ficar surpreso e de me sentir recompensado a cada vez que ouço (FARIA, 1985, p.167).

Apesar de o autor não descrever explicitamente a articulação entre a proposta de experimento e a epistemologia popperiana, sabe-se que esta defende os denominados experimentos cruciais, isto é, que podem por si só refutar uma teoria. É uma compreensão contestada, por exemplo, pela epistemologia de Lakatos, para a qual a experimentação não pode refutar ou confirmar sozinha uma “teoria” (SILVEIRA, 1996). Portanto, embora a experimentação seja permeada pelo questionamento — algo almejável em um viés dialógico e problematizador — ela pode contribuir na disseminação de visões epistemológicas diferenciadas.

Destaca-se ainda a possibilidade de articular resolução de problemas, experimentação e simulação:

Na analogia desenvolvida, a simultaneidade deposição/dissolução é mostrada visualmente. Por exemplo, uma placa de madeira, na qual diversas cavidades semi-esféricas estão preenchidas com bolas de madeira, faz o papel da barra metálica; o fenômeno da deposição metálica é simulado através de troca de algumas destas esferas de madeira por esferas de aço (a massa total da barra aumenta) ou por esferas de plástico (a massa total da barra diminui).

Associada a esta simulação propõe-se um problema do seguinte tipo aos alunos: “suponha que, após esta troca, a massa da ‘barra metálica’ aumentou em 48g; sabendo que cada bola de madeira e de aço pesa, respectivamente, 2 e 6g, calcule a massa total das bolas de aço ‘depositadas’ na ‘barra metálica’”. Este problema, como proposto, se refere ao caso em que houve aumento da massa total da barra metálica, como decorrência do processo de deposição. Sua adaptação para o caso da diminuição da massa total da barra metálica é imediata (HARTWIG; ROCHA-FILHO, 1988, p.335).

Essa é uma articulação praticamente inexpressiva entre as propostas de atividades experimentais analisadas. A literatura tem tratado a articulação entre experimentação e simulação e entre experimentação e resolução de problemas. Giordan (1999) argumenta em favor da experimentação como estruturadora de uma realidade simulada e como um momento entre o fenômeno — igualmente acessado pela experimentação — e a representação deste pelo sujeito. No que tange à associação entre atividades experimentais e resolução de problemas, esta tem sido apontada como uma maneira de combater os experimentos desenvolvidos como uma aplicação de “receita de bolo” (GIL PÉREZ *et al.*, 1999). Tal associação poderia ser favorecida ainda pelo trabalho em pequenos grupos (REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000).

Também parecem inexpressivos os artigos em que “problematizações”, originadas do desenvolvimento da atividade experimental, não estão formuladas de forma explícita, mas são caracterizadas como importantes:

Durante uma aula prática de Química Analítica Qualitativa [...], coube a um grupo de alunos tentar a separação dos íons Pb^{2+} e Ag^+ através da reação com excesso de base forte. Conhecendo-se as reações que ocorreram quando estes íons são tratados separadamente com excesso de bases [...], esperava-se a formação de um precipitado negro de Ag_2O

enquanto o chumbo ficaria em solução na forma de $\text{Pb}(\text{OH})_4^{2-}$. Após a centrifugação da mistura, o precipitado seria facilmente separado da solução e seriam feitas as reações de identificação para a prata e chumbo respectivamente.

[...]

O resultado da experiência, entretanto, foi totalmente diverso. Ao invés do precipitado negro de Ag_2O , obteve-se um outro de cor amarela intensa². Inicialmente pensou-se em contaminação, engano no preparo, ou até mesmo na troca das soluções empregadas. Estas suspeitas entretanto foram eliminadas após terem-se observado as reações esperadas [...] quando as soluções eram tratadas separadamente com base forte. Por outro lado, tratando a suspensão de Ag_2O com a solução de $\text{Pb}(\text{OH})_4^{2-}$, obtinha-se novamente o precipitado amarelo.

Os livros-texto básicos de química analítica qualitativa não mencionam nada a respeito desta reação. Consultando-se a literatura verificou-se que o composto mencionado foi obtido pela primeira vez em 1837 por Wohler². Segundo o autor, o composto contém 1 mol de óxido de prata para 2 moles de óxido de chumbo ($\text{Ag}_2\text{Pb}_2\text{O}_3$).

[...] Mais recentemente, em 1950, Bystron e Evers concluíram que de fato o único composto formado é o Ag_2PbO_2 [...] (GODINHO; EBERLIN, 1985, p.115).

O experimento sugerido é um exemplo de que, às vezes, acontecem situações não previstas e que geram uma “problematização” para a qual é necessária uma resposta. A descrição dos autores reforça um argumento defendido anteriormente, a saber, a importância do diálogo com interlocutores teóricos durante a atividade experimental. Ou seja, a resposta não foi encontrada experimentalmente, mas por consulta à literatura. Ao mesmo tempo, o relato é revelador de uma atitude exemplar, pois descreve um processo em que se buscou explicação para o que não estava previsto. Está tácita ainda no fragmento a relevância da presença da curiosidade epistemológica em detrimento da curiosidade ingênua (FREIRE, 1996). Como diz Freire (1996), essa curiosidade pode ser caracterizada como uma inquietação indagadora, um questionamento explicitado ou não, uma procura de esclarecimento. O autor acrescenta que a curiosidade do professor não pode dificultar o exercício da curiosidade discente, pelo contrário, precisa favorecer a reflexão crítica acerca da própria pergunta. Essa curiosidade epistemológica pode ser traduzida, por exemplo, por meio da problematização docente, cuja finalidade pode ser proporcionar a explicitação do conhecimento inicial dos alunos:

A primeira etapa (fase 1) envolvia a proposição aos alunos do problema formulado exatamente como descrito na introdução. A finalidade é

verificar se, na amostra estudada, antes da intervenção de qualquer explicação específica sobre o fenômeno químico, os alunos dispõem dos conhecimentos correspondentes oriundos de ensino superior, que os propiciem analisar os fatos que ocorrem, para a correta resolução do problema (HARTWIG; ROCHA-FILHO, 1988, p.335).

Antes de prosseguir, procure pensar e responder o seguinte: imagine todos os indicadores misturados, e que o procedimento anteriormente feito com cada um deles individualmente fosse agora repetido com esta mistura. **Quais seriam as cores desenvolvidas para cada valor de pH?** Discuta com seus colegas, tente estabelecer estas cores e, após esta discussão prossiga o experimento.

Agora faça um experimento que possibilite a verificação de suas previsões. De posse dos resultados obtidos no experimento que você propôs e daqueles previstos anteriormente, discuta as diferenças observadas. **Quais as vantagens em se utilizar uma mistura de indicadores ao invés de um único?** Discuta novamente com os seus colegas.

Esta mistura de indicadores que você utilizou é chamada de **Indicador Misto de Yamada** (SILVA; SIMONI, 2000, p. 407).

É uma característica essencial em uma prática de ensino dialógica e problematizadora a apreensão do conhecimento discente (FREIRE, 1996). Isso é um reconhecimento das interações não neutras que o aprendiz estabelece com o objeto do conhecimento e, portanto, de que este aprendiz não é uma tabula rasa, independentemente de ter se apropriado, ou não, dos conhecimentos científicos. A identificação dos conhecimentos iniciais pode auxiliar tanto na estruturação da aula desenvolvida quanto na compreensão dos diferentes níveis de apropriação do conhecimento novo entre os alunos. Adicionalmente, defende-se a explicitação desse conhecimento prévio como ponto de partida do experimento.

A presença da pergunta no início da atividade experimental nem sempre propicia a explicitação do conhecimento inicial do estudante sobre o assunto estudado e, nesse caso, se afastaria de uma perspectiva mais dialógica e problematizadora:

Como regra geral, algumas informações ou questões apresentadas em negrito nos roteiros sugeridos são tópicos que os alunos têm que pesquisar e trazer para uma discussão prévia sobre o experimento a ser realizado. Entretanto, levando-se em conta o material bibliográfico disponível na sua Universidade, o Professor deve decidir quais são as informações que os alunos podem buscar e devem encontrar na biblioteca. Evitando, ao máximo, tornar punitivas as tarefas preliminares que os alunos devem realizar e, ao mesmo tempo, tentando garantir que os alunos se preparem

adequadamente para as atividades laboratoriais e discussões prévias sobre o experimento, as questões em negrito e um breve resumo do procedimento experimental devem ser entregues, por escrito, por cada aluno antes do início da aula. Este material é parte da avaliação (no nosso caso, 30% da nota de relatório, nota esta que corresponde a 30% da avaliação da disciplina) (SIMONI *et al.*, 2002, p.1034).

O modo como os questionamentos estão caracterizados acima parece se aproximar da maneira mais comum como os professores propõem a resolução de problemas e exercícios, isto é, atividades nas quais a solução deveria revelar a compreensão dos alunos relativa aos assuntos previamente estudados. Essas questões, embora possam cumprir um papel para a aprendizagem discente, camuflam a explicitação do conhecimento inicial dos alunos acerca do fenômeno abordado no experimento, uma vez que consultam bibliografia para responder as questões. Portanto, pode-se afirmar que nem toda pergunta se constitui em uma problematização.

A perspectiva dialógica e problematizadora ainda pode ser favorecida por intermédio de perguntas no desenvolvimento da atividade experimental:

4- Parte I - Investigação sobre as resinas A e B

- (a) Observe as soluções de K_2SO_4 ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$), $CuSO_4$ ($0,4 \text{ mol L}^{-1}$) e $K_2Cr_2O_7$ ($0,04 \text{ mol L}^{-1}$).
- (b) Misture volumes iguais de soluções de $CuSO_4$ e $K_2Cr_2O_7$. Anote suas observações. Ocorreu ou não uma reação química?
- (c) Coloque em um tubo de ensaio um pouco da solução de $CuSO_4$ e introduza o tubo de ensaio num béquer contendo solução de $K_2Cr_2O_7$. Compare a sua observação com a do item anterior. Você mantém a sua resposta a respeito da ocorrência de reação?
- (d) Passe a solução obtida no item (b) por uma coluna de resina A (OSÓRIO *et al.*, 2006, p.960).

A indagação no decorrer do experimento, além de possibilitar a apreensão do conhecimento do estudante, favorece a reflexão a respeito dos procedimentos adotados e das observações discentes, o que descaracteriza a realização da atividade experimental como a execução de uma “receita de bolo”. Essas perguntas são importantes, pois, como afirma Hodson (1994), muitos alunos não relacionam o que fazem com o que aprendem, do ponto de vista conceitual e procedimental. O fragmento acima corrobora com o argumento de que, não necessariamente, a presença de roteiros em um experimento o situa em uma

perspectiva de “receita de bolo” em que se desenvolvem procedimentos de forma pouco reflexiva.

A presença de questionamentos no final das atividades experimentais também está em consonância, em certas condições, com uma visão dialógica e problematizadora de educação:

Questões

1. Qual é a função do ácido sulfúrico e qual é o nucleófilo da reação?
2. Determine a estereoquímica exata do produto com base no ponto de fusão e dos dados espectroscópicos comparando com dados da literatura dos possíveis produtos.
3. Qual seria o produto da mesma reação com 1-hepteno?
4. Como você poderia realizar a reação inversa? (BIEBER, 1999, p.608).

A defesa da presença da indagação nos diferentes momentos de uma atividade experimental implica, obviamente, não encerrar a contribuição da pergunta no final do experimento, pois esta pode colaborar na explicitação do conhecimento inicial dos alunos, assim como na atribuição de um significado à atividade experimental no processo de construção do conhecimento e na identificação das aprendizagens possibilitadas pela atividade experimental (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Nisso pode estar implícita uma compreensão de diálogo, a exemplo da freireana, que considera essencial a construção de um conhecimento novo no processo de ensino e aprendizagem. Portanto, utilizar sempre as atividades experimentais com a finalidade de estabelecer um monólogo somente sobre o conhecimento inicial dos alunos pode ser um ato antidialógico, da mesma forma quando o monólogo desconsidera o conhecimento inicial discente. O diálogo defendido aqui, no sentido freireano, não está restrito a uma conversa entre sujeitos, mas é um diálogo entre os conhecimentos dos sujeitos do processo educativo (DELIZOICOV, 1991). Esses questionamentos ainda apareceram, às vezes, como uma forma de apoiar a elaboração de relatórios:

Neste experimento, algumas questões foram colocadas aos estudantes para que pudessem direcionar a elaboração de seus relatórios:

1. Apresente as reações obtidas durante o experimento.
2. Explique o porquê dos metais serem adsorvidos por certas superfícies e por outras não. Qual é o fenômeno que causa a adsorção destes metais?
3. Por que o cloreto de cobalto em solução é rosa e quando está adsorvido pela Sien é azul?

4. Qual é a importância de se desenvolver novos materiais para a remoção de contaminantes de águas? (PRADO; FARIA; PADILHA, 2005, p.546).

Apesar de a presença dessas questões poder auxiliar na elaboração dos relatórios ao indicar para os alunos os conteúdos que precisam estar presentes, a literatura (REIGOSA CASTRO, 2006) tem sinalizado a importância de explicitar aos estudantes as etapas de um relatório, especialmente, quando também é objetivo do processo educativo a aprendizagem da escrita de acordo com o gênero científico. Tal escopo parece mais apropriado aos cursos de graduação para os quais o experimento proposto se destina. Nesse sentido, perguntas como aquelas expostas no fragmento analisado pouco contribuem para sustentar a construção dos relatórios.

Por outro lado, a produção de relatórios foi indicada como um meio de fomentar o diálogo e evidenciar aprendizagens:

[...] A avaliação do aprendizado é feita por intermédio de um relatório entregue por cada grupo de 2 a 3 alunos. Este relatório é confeccionado durante a própria aula prática forçando desta maneira uma interação mais forte entre os alunos e professor (FARIA, 1985, p.169).

Os relatórios apresentados pelos grupos de alunos, em geral, foram bons. Neles os estudantes mostraram que haviam adquirido um novo conhecimento, evidenciado, principalmente, pelo uso de uma linguagem bastante satisfatória. Vários relatórios continham uma estrutura muito similar ao que foi apresentado neste artigo sob o título “Resultados e Discussões” (ZARBIN; DAVANZO, 1995, p.498).

A elaboração de relatórios tem sido apontada na literatura como um aspecto positivo para aprender a se comunicar por escrito, assim como para favorecer a aprendizagem dos conteúdos e, quando for o caso, como foi mencionado anteriormente, da escrita que utiliza os gêneros científicos (REIGOSA CASTRO, 2006). O primeiro fragmento defende a relevância do professor nesse processo de elaboração do relatório, posicionamento compartilhado por Reigosa Castro (2006) ao identificar, presumivelmente, uma melhoria na produção textual dos alunos mediante a supervisão docente. O mesmo autor destaca que a aprendizagem da escrita dos relatórios precisa ser considerada um processo gradual com a possibilidade de ser, inclusive, um dos objetivos dos níveis educativos posteriores.

A interlocução teórica proporcionada pelas atividades experimentais também pode ocorrer por meio da interação com a própria literatura:

Consideramos muito importante que o aluno compare os seus dados experimentais com os da literatura, pois, ao mesmo tempo em que se exercita no uso desta, desenvolve o espírito crítico quanto aos resultados obtidos num trabalho de laboratório (TUBINO, 1983, p.109).

Antes de proceder a este passo de síntese os alunos foram encorajados a consultar a literatura indicada⁴⁶ de forma a reconhecer outros procedimentos experimentais possíveis para a transferência da unidade diazo (CANDEIA; GOIS; AFONSO, 2007, p.1770).

O diálogo com a literatura como decorrência da atividade experimental pode ser um modo de fundamentar as discussões em sala de aula (GONÇALVES; MARQUES, 2006), ou ainda, como propõem os fragmentos acima, contribuir para um posicionamento crítico frente aos resultados e enriquecer o conhecimento sobre os procedimentos experimentais. Acrescenta-se que a inserção da leitura nos experimentos pode ampliar a noção de diálogo muitas vezes restrita à comunicação oral. Ao mesmo tempo, isso colabora para não reduzir os experimentos a atividades caracterizadas unicamente pela manipulação de equipamentos, o que poderia favorecer a difusão de um entendimento da prática científica no laboratório pouco coerente com a realidade.

O diálogo pode ser estendido por meio da interlocução com sujeitos externos à sala de aula:

Uma vez encerrada a parte experimental em laboratório, os alunos são levados para visitar uma indústria local, acompanhados pelos professores envolvidos no curso experimental e pelo gerente de produção da indústria. Na indústria, o gerente confere uma palestra de aproximadamente 50 minutos sobre a política da indústria, normas de segurança, procedimentos a serem observados durante a visita, condições de mercado e a importância da produção de soja no contexto nacional e internacional. O objetivo da visita é proporcionar ao aluno um conhecimento mais amplo do processo produtivo e compará-lo com o desenvolvido no laboratório. Na visita os alunos interagem com profissionais que interagem na indústria e conhecem procedimentos de segurança, cuidados com o meio ambiente e aspectos econômicos (VIANNA; PIRES; VIANA, 1999, p. 767).

Apesar de o diálogo com o interlocutor externo não ocorrer no desenvolvimento da atividade experimental propriamente dita, este pode contribuir para enriquecer os conhecimentos construídos durante o experimento, visto que os autores reconhecem que um dos objetivos da interlocução é comparar o processo realizado na indústria com aquele do laboratório de ensino. A possibilidade de interlocução com sujeitos externos à sala de aula foi pouco expressiva nos artigos analisados, embora a entendamos ainda como um modo de “descentralizar” o professor do processo de ensino e aprendizagem. Outra forma de favorecer essa descentralização no decorrer das atividades experimentais é pela exposição oral dos estudantes no grande grupo:

Cada preparação deve ser acompanhada de uma exposição oral posterior, feita pelo aluno, onde serão apresentados os resultados obtidos nas experiências desenvolvidas por ele e pelos colegas. É importante incentivar nestes seminários a discussão da química das reações, com o objetivo de permitir uma relação íntima entre a prática e a teoria (SOARES; PIRES; SOUZA, 1987, p.32).

Expor os resultados das atividades experimentais ao grande grupo pode possibilitar a discussão crítica, ao mesmo tempo em que é um reconhecimento tácito ou explícito de que o outro tem algo a dizer. As exposições discentes contemplam a ideia de que ensinar exige saber ouvir, pois quem escuta pode falar *com* e *ao* sujeito, inclusive falar mais do que seria possível se não tivesse ouvido o outro (FREIRE, 1996). Além disso, as exposições “deslocam” do professor a responsabilidade exclusiva de se posicionar acerca do que os alunos dizem, ou seja, propiciam a ele possibilidade de compartilhar com os discentes tal responsabilidade.

Por último, apontamos o trabalho em grupo nas atividades experimentais como uma característica de parte dos artigos:

[...] Note que é necessário o conhecimento da concentração da solução de HCl; dessa maneira é desejável que a mesma solução seja utilizada pela classe toda, uma vez que se sugere a troca de dados entre os vários grupos de alunos (método cooperativo).

[...] Além disso, o fato de que o aluno deve prever comportamentos, efetuar seus próprios cálculos de concentrações e preparar suas soluções, torna sua participação mais efetiva, aumentando sua interação com o assunto estudado. Outro aspecto relevante é o compartilhamento de dados

experimentais, que estimula a cooperação e não a competição entre os alunos (SILVA; SIMONI, 2000, p.406-407).

O trabalho em grupo pode ser um modo de promover o diálogo entre os estudantes e, por conseguinte, a aprendizagem do conteúdo estudado, pois se acredita que esta possui um caráter social, sem desconsiderar a contribuição de cada indivíduo. Como sugerem os autores, esse tipo de trabalho pode realçar ainda determinados valores em detrimento de outros, por exemplo, a cooperação em vez da competição. Além disso, como argumenta Bonals (2003), o trabalho em grupo colabora para os alunos aprenderem a se comunicar melhor e a estabelecer concordância, fundada no diálogo, sobre certo assunto. Ao mesmo tempo, como apontam Jiménez, Llobera e Llitjós (2006), o trabalho em grupo favorece a presença de uma importante característica nas atividades experimentais, já assinalada anteriormente: a redução de possíveis resíduos e consumo de reagentes. Os mesmos autores ainda ressaltam que o trabalho coletivo é um modo de contribuir na interação de grupos heterogêneos de alunos, heterogeneidade que não se reduz à dimensão cognitiva, mas considera aspectos como cor, diferença de gênero, idade etc.

Depreende-se da análise dos artigos, portanto, que a promoção do diálogo pode se caracterizar por um ambiente no qual alunos e professor precisam se envolver em uma problematização — orientadora das atividades experimentais. Assinalou-se de forma positiva nesse cenário a possibilidade de a experimentação ser articulada com a resolução de problemas, o que não obrigatoriamente implica uma problematização, no sentido freireano. Diga-se de passagem que a ideia de desenvolver experimentos por investigação esteve associada, em certas ocasiões, ao pobre “método científico”. Contudo, a experimentação, sob a análise de uma perspectiva dialógica e problematizadora, para além da resolução de problemas, deveria propiciar a explicitação do conhecimento discente nos diferentes instantes do experimento. Nessa perspectiva, são igualmente relevantes a socialização entre os alunos dos resultados da atividade experimental, a interação com interlocutores externos, a leitura e a produção textual. O trabalho em pequenos grupos é outra possibilidade em sintonia com um ambiente dialógico e problematizador.

Experimentação: dos materiais alternativos à informática

Parte dos artigos apresentou argumentos e propostas para favorecer o desenvolvimento de atividades experimentais nas condições adversas que assolam os laboratórios de ensino das instituições nacionais. A falta de recursos nas instituições de educação superior foi um dos aspectos mencionados:

As principais modificações introduzidas nesta forma de apresentação do assunto foram as seguintes: juntou-se num mesmo bloco dois experimentos distintos (medida de *pH* com indicadores e tampões), foi eliminado o uso de um medidor de *pH* (“peagâmetro”), que é um grande obstáculo em laboratórios introdutórios devido ao elevado número de alunos e o seu concomitante uso (SILVA; SIMONI, 2000, p.407).

A falta de recursos é interpretada, conforme discutido anteriormente, como uma situação-limite inibidora do desenvolvimento das atividades experimentais. Porém, como situação-limite, pode ser identificada e superada. É isso que fazem os autores ao sugerir a substituição de um equipamento mais “sofisticado” por materiais e procedimentos simples. O discurso acerca da falta de equipamentos e reagentes nos laboratórios, em geral, permeou de forma acentuada a discussão histórica a respeito da experimentação na educação básica. Parte dos artigos reconhece esse discurso e propõe atividades experimentais à educação superior com potencial de serem realizadas no ensino médio:

Como, para a execução deste experimento, são usados materiais fáceis de serem obtidos, e considerando que vários dos nossos estudantes trabalharão futuramente como professores de Química no ensino médio, configura-se aqui mais um aspecto de importância, ou seja, o uso deste tipo de atividade experimental por futuros professores com os seus futuros alunos, sejam estes de escolas particulares ou da rede pública (TUBINO; SIMONI, 2007, p.1763).

A simplicidade da parte experimental, que não demanda a utilização de laboratórios bem equipados. Isto torna esta proposta viável para escolas sem infra-estrutura laboratorial, pois os experimentos podem ser realizados na própria sala de aula. O tempo necessário para preparar a atividade não é longo, o que deve estimular sua aplicação sem comprometimento da carga horária de trabalho do professor que, geralmente, é bastante intensa (TERCI; ROSSI, 2002, p.687).

As proposições acima podem ser estendidas ao ensino de Química da educação básica. Quando realizadas na licenciatura, tornam-se atividades exemplares aos futuros professores, como está explícito no primeiro fragmento. São maneiras de auxiliar no enfrentamento da situação-limite presente em muitas escolas nacionais, notadamente nas públicas. Em outras palavras, a realização desse tipo de atividade experimental é uma forma de vislumbrar, na linguagem freireana, o inédito viável: o que se encontra além da situação-limite. Nesse caso, a utilização de materiais alternativos nos experimentos dos cursos de graduação em Química é uma possibilidade importante mesmo quando se dispõe de equipamentos sofisticados. Ou seja, a justificativa para o uso de materiais alternativos seria a atuação dos graduandos como professores de Química no ensino médio.

Em relação ao segundo fragmento, os autores identificam outra situação-limite relativa ao desenvolvimento de atividades experimentais, qual seja, as condições de trabalho docente, caracterizadas basicamente pela excessiva carga horária em sala de aula. Por isso, a simplicidade na organização material pode ser uma característica relevante dos experimentos. Essa seria outra forma de favorecer a conjectura do inédito viável, isto é, a realização do experimento.

Ainda sobre a discussão concernente aos modos de propiciar o desenvolvimento das atividades experimentais na educação superior, destacou-se, por exemplo, a possibilidade utilizar materiais simples, mas que não obrigatoriamente se caracterizam como equipamentos não-convencionais:

Apesar da importância e simplicidade das reações envolvidas, são escassos os exemplos de experimentos didáticos que exploram a síntese de carbonato de sódio pelo processo de Solvay^{5,6}. Os exemplos encontrados invariavelmente utilizam processos em batelada, que pouca analogia têm com as operações unitárias verificadas no processo industrial e contínuo¹. Assim, neste artigo descrevemos um novo arranjo, desenvolvido como projeto num curso de Química Inorgânica para Químicos, que permite reproduzir com fidelidade, utilizando materiais simples de laboratório, as etapas de amoniação e carbonatação de salmoura, seguidos da precipitação de NaHCO_3 de elevada pureza e com bom rendimento (ARAÚJO *et al.*, 1998, p.114).

Desenvolver experimentos com a manipulação de equipamentos de laboratório propriamente ditos é imperativo aos profissionais da Química. Embora se possa realizar experimentos com materiais alternativos nos cursos de graduação, pelos motivos já

explicitados, os profissionais da Química precisam necessariamente conhecer e manipular instrumentos convencionais de laboratório e diversas substâncias, inclusive devido à questão da segurança. Essas considerações são importantes, especialmente para os experimentos em que se pode substituir os reagentes convencionais pelos alternativos e de baixo custo:

A identificação do produto sólido é o ponto mais instigante da investigação, necessária para que os alunos possam propor a equação química representativa da decomposição térmica. A expectativa dos alunos com relação a esse produto usualmente não corresponde à realidade. Isso mostra que o experimento se presta a uma discussão mais ampla, no âmbito da Química Inorgânica, ilustrando conceitos relacionados com ligações iônicas, caráter ácido-base e variação de funções termodinâmicas com a temperatura. O presente artigo explora estas possibilidades, ao mesmo tempo em que propõe a substituição do bicarbonato de potássio pelo de sódio². A decomposição térmica do bicarbonato de sódio apresenta importância industrial, por ser a última etapa do processo Solvay de fabricação da soda³⁻⁵. Além disso, bicarbonato de sódio pode ser adquirido em farmácias e supermercados, a um custo bem inferior ao de reagentes especiais para o uso em laboratórios. O termo *bicarbonato* é utilizado para designar, no comércio, o ânion hidrogenocarbonato, enquanto *soda* e *soda cáustica* se referem a carbonato de sódio e hidróxido de sódio, respectivamente (MAIA; OSÓRIO, 2003, p.595).

A utilização de substâncias e materiais de fácil obtenção e baixo custo pode ser uma característica relevante da atividade experimental em virtude dos mesmos motivos para o uso de equipamentos não-convencionais. Apesar de não ser o caso do experimento representado pelo fragmento, os materiais alternativos não se constituem como inquestionáveis, nem quando se trata da educação básica. O critério primordial da escolha de materiais e substâncias não pode ser a facilidade ao seu acesso e o baixo custo, mas sim a garantia de segurança durante a sua manipulação e a atenção aos possíveis resíduos gerados, sobretudo no ensino fundamental e médio (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Ressalta-se que experimentos mais sofisticados muitas vezes podem cumprir com esses critérios:

Todos os experimentos podem ser executados utilizando um sistema FIA com zonas coalescentes¹⁵. Estes sistemas foram inicialmente propostos para reduzir o consumo de reagentes e, conseqüentemente, o custo das

análises e a produção de resíduos tóxicos. Posteriormente foram utilizados para efetuar neutralização de amostras com elevada acidez¹⁶, determinações simultâneas¹⁷, implementação da técnica de adições de padrão¹⁸ etc. (ROCHA; MARTELLI; REIS, 2000, p.119).

Essas considerações questionam a soberania do discurso dos experimentos com materiais e reagentes de fácil obtenção e baixo custo, que muitas vezes se faz presente como modo de fomentar o desenvolvimento de atividades experimentais, principalmente nas escolas. Os experimentos com simulações computacionais podem contribuir do mesmo modo em situações nas quais não se consegue evitar os resíduos ou tratá-los, e que proporcionam riscos à integridade física dos participantes (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Tais simulações podem indicar outra possibilidade de favorecer o inédito viável. Contudo, a articulação explícita entre atividades experimentais e computação apareceu de forma incipiente nos artigos. Uma das articulações é realizada exatamente por meio da simulação:

A simulação por computador permitiu que trinta e seis estudantes do curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal de Viçosa trabalhassem numa experiência individual de difração de raios-X de um monocristal utilizando a câmara de precessão de Buerger. Aproximadamente 64% dos estudantes estão na média ou acima, numa escala de mínimo de tentativas demandadas para ajustar perfeitamente o monocristal que estava inicialmente numa posição geral. Cada estudante trabalhou com um composto diferente, com o cristal numa posição diferente (MÜLLER; BATRES, 1995, p.382).

As simulações computacionais proporcionam a realização de experimentos que não poderiam ocorrer devido, por exemplo, ao seu custo financeiro (BAGGOTT; NICHOL, 1998). Outra prerrogativa do uso de computadores associado à experimentação é a sua capacidade de possibilitar aos estudantes uma maior interação com o conhecimento teórico do que com a manipulação de equipamentos (BARTON, 1998), embora muitas vezes essa manipulação também seja essencial para a aprendizagem, sobretudo, de conteúdos procedimentais. Ao mesmo tempo, as simulações computacionais podem favorecer que diferentes grupos de alunos possam utilizar procedimentos variados, em contraste com o que ocorre frequentemente nas denominadas atividades experimentais de bancada (HODSON, 1998). A aceitação das simulações experimentais não significa negar as

diferenças entre estas e os experimentos propriamente ditos. Outra articulação entre experimentos e informática é o uso desta nas análises de dados:

Apresentamos a seguir uma breve revisão dos fundamentos teóricos relativos aos dois métodos, e as ferramentas computacionais, baseadas em resoluções numéricas, que foram desenvolvidas neste estudo para tratar dos dados experimentais (PERNAUT; MATENCLO, 1999, p.900).

Para Hodson (1998), a utilização dos computadores pode auxiliar no desenvolvimento dos cálculos que, às vezes, são problemáticos e tornam mais lenta a realização do experimento. O mesmo autor destaca que os computadores podem colaborar na construção de gráficos, coleta e análise de dados, monitoramento de experimentos etc. Além disso, considera-se a realização de atividades experimentais associadas à informática uma prática em consonância com o trabalho científico contemporâneo, no qual o uso de computadores está constantemente presente, para além da condução dos experimentos (GONÇALVES, 2005). Um exemplo atual da importância da informática na condução dos experimentos é a sua utilização no planejamento de processos de síntese, ambientalmente positivos, como propõem as pesquisas com enfoque na Química Verde. Contudo, assinala-se que “diabolizar” ou “divinizar” a tecnologia é uma inadvertência (FREIRE, 1996).

Em suma, os autores propõem experimentos com base na identificação de situações-limite, tais como a falta de recursos materiais em muitos laboratórios de instituições de educação superior e de escolas. As atividades experimentais divulgadas seriam, portanto, um modo de favorecer o seu desenvolvimento em condições adversas. De outra parte, os experimentos mais sofisticados são muitas vezes igualmente importantes, visto que podem trazer como consequência, dentre outros aspectos, a redução dos resíduos gerados. Depreende-se ainda que, apesar de incipiente, a articulação explícita entre experimentação e ferramentas computacionais é uma característica relevante nos artigos. Essa associação aparece, por exemplo, por meio de simulações computacionais e na análise de dados do experimento. Embora os artigos proponham atividades experimentais possíveis de serem realizadas em condições adversas, não criticam explicitamente a falta de investimentos financeiros em recursos materiais e humanos.

A relação entre teoria e experimentação

Os autores explicitaram compreensões diferentes sobre a relação entre teoria e prática/experimentação. Uma é aquela na qual a experimentação proporciona, por si só, a relação entre teoria e prática, conforme se pode notar na seguinte afirmação:

[...] Para “ensinar” química pode-se lançar mão de várias ferramentas: aulas teóricas, aulas experimentais, participação na pesquisa básica (teórica e/ou experimental), programas de computação, jogos, etc. Uma das ferramentas que traz muitos benefícios aos alunos é a participação em experimentos de laboratório, pois é uma maneira mais “concreta” de se entrar em contato com a teoria ensinada na sala de aula (NAVARRO *et al.*, 2005, p.1111).

Há enfoques para as atividades experimentais, como o da descoberta, os quais minimizam a importância dos conhecimentos teóricos para realizá-las. Em geral, são perspectivas que valorizam a neutralidade das interações entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Contudo, merece destaque o argumento dos autores relativo à necessidade de combater o entendimento que dicotomiza a relação entre teoria e prática/experimentação. Nesse sentido, outros autores reconhecem que a experimentação nem sempre beneficia esse combate:

Na maioria dos cursos de química das universidades brasileiras, o ensino experimental tem uma presença apenas marginal e, muitas vezes, limita-se a demonstrações ou experimentos em grupo. [...] Pelo menos em Química Orgânica, a maior responsabilidade deve ser creditada, ao nosso ver, à idéia muito generalizada de que um curso experimental visa principalmente a um treinamento de procedimentos manuais, tradicionalmente relegados a técnicos e laboratoristas, e pouco acrescenta às atividades mais “nobres”, ou seja, o estudo teórico de estruturas e mecanismos. Contribue muito para essa imagem deformada a apresentação das experiências como simples “receitas de cozinha” que devem ser seguidas à risca e cujo resultado já conhecido antecipadamente de maneira que as práticas dispensam o raciocínio próprio e a aplicação de conhecimentos teóricos. A avaliação didática dá-se, muitas vezes, mais em função de pureza e rendimento dos produtos obtidos do que com base na assimilação global do assunto em estudo (BIEBER, 1999, p.605).

Admitir as atividades experimentais na educação superior como colaboradoras da aprendizagem de procedimentos manipulativos não significa encerrá-las em tal

contribuição, pois estas podem favorecer igualmente a apropriação de conhecimentos teóricos. Sabe-se, no entanto, que durante as atividades experimentais, os discentes destinam muito tempo para manipulação de equipamentos em detrimento da aprendizagem conceitual (HODSON, 1994), que também pode ser empobrecida pelas denominadas demonstrações, assinaladas pelo autor. As demonstrações podem possuir a função de “comprovar a teoria na prática”. Porém, o termo demonstração assume outro sentido, a saber: experimentos nos quais o professor é o manipulador dos equipamentos. Esse sentido de demonstração está mais explícito no fragmento abaixo:

A experiência foi executada em dois dias, não consecutivos e, ao final, era exigido um relatório. Os alunos eram agrupados em pares, mas apenas 6 grupos executavam o experimento nestes dois dias. Um total de 24 grupos executaram a prática. Com esta distribuição, o experimento não é barato. Todavia, pode-se realizá-lo de uma maneira demonstrativa, ou simplesmente agrupando-se os alunos em maior número (ZARBIN; DAVANZO, 1995, p.498).

O fato de o professor, às vezes, manipular os equipamentos não significa que os alunos estejam passivos na atividade experimental. De maneira análoga, se estudantes manipulam os equipamentos, isso não implica, obrigatoriamente, sua “participação ativa”. É o modo como o docente conduz a experimentação o determinante para a participação discente. Ou seja, a consideração de que os alunos estabelecem interações não neutras com o objeto do conhecimento, a presença da problematização e do diálogo são exemplos de aspectos necessários para promover uma participação (inter)ativa dos estudantes. Cumpre notar ainda, na passagem acima, a indicação das demonstrações como uma forma de enfrentar a carência de materiais e reagentes assoladora nos laboratórios de ensino. Assim como a palavra demonstração, o termo verificação pode ser caracterizado por uma polissemia e, portanto, não necessariamente remete à ideia de verificacionismo.

A compreensão da relação entre teoria e prática aparece também no discurso dos autores ao mencionarem o papel da observação nas atividades experimentais:

A questão 2 do relatório, solicitando a descrição das observações dos testes de condutividade do líquido, antes e após a passagem pelas resinas, visava verificar se os estudantes são capazes de separar a mera descrição dos fatos experimentais e a interpretação dos mesmos. As respostas indicaram que 55% dos alunos do ensino superior fazem esta distinção,

contra apenas 20 a 30% dos alunos do ensino médio (OSORIO *et al.*, 2003, p.963).

Uma vez iniciada a formação do gás isobutileno, percebe-se um fluxo constante de bolhas no frasco de reação onde a pipeta de Pasteur encontra-se submersa. Para certificar que o borbulhamento observado é devido à formação do alceno e não à expansão do ar do interior da aparelhagem, deixa-se, inicialmente, que o borbulhamento se dê num tubo de ensaio contendo 2-3 mL de solução 1% de KMnO_4 (teste de Bayer). Tão logo se observe a mudança da coloração de violeta para castanha, troca-se o tubo de ensaio pelo frasco de reação (CUNHA *et al.*, 2003, p.426).

As passagens acima revelam, tacitamente, entendimentos diferentes da relação entre observação, teoria e experimentação. O primeiro fragmento sugere a possibilidade de separar observação e interpretação. Isso contrasta com compreensões epistemológicas contemporâneas, como a de Hanson (1975), que advoga em favor da indissociabilidade entre observação científica e interpretação científica. Nessa compreensão de Hanson (1975), está implícita a ideia de que uma observação é orientada por um conhecimento prévio. Tal visão parece ser compartilhada pelos autores do artigo representado pelo segundo fragmento. Considerar a observação como permeada por um conhecimento teórico significa dizer que sujeitos diferentes podem observar um fenômeno e apresentar interpretações desiguais. Por isso, como defende o epistemólogo supracitado, a observação científica implica a necessidade de aprender previamente conhecimentos científicos. Na contramão desse argumento, às vezes, a experimentação é caracterizada como um meio de introduzir uma teoria:

Além da espectroscopia na região do infravermelho, o complexo pode também ser caracterizado através de análise elementar e pelo espectro eletrônico na região ultravioleta/visível¹². Com este dado pode-se estender o experimento e fazer uma introdução à teoria do campo cristalino¹⁴ (PISSETTI *et al.*, 2007, p.725).

Realizar a experimentação com o objetivo de introduzir uma teoria pode fortalecer a disseminação de um entendimento de senso comum do conhecimento científico, a saber: as teorias científicas são oriundas de dados obtidos por meio da observação e experimentação. Esse entendimento pode ter como gênese o indutivismo ingênuo para o qual a Ciência começa com a observação neutra realizada em grande número e em ampla variedade de

circunstâncias. Mas, como expõe Chalmers (1993), tal posição é insustentável, pois não se pode afirmar, por exemplo, o que significa um grande número de observações e uma ampla variedade de circunstâncias. Soma-se a esse problema a crença de que é possível a observação neutra, ideia questionada anteriormente.

Por fim, compreender as atividades experimentais como forma de demonstrar/comprovar/verificar a teoria ou introduzi-la é um posicionamento que precisa ser problematizado, assim como a valorização da observação neutra. Acreditar nos experimentos como meio de comprovar uma teoria ou introduzi-lá são posicionamentos, até segunda ordem, opostos, pois um se aproxima mais do empirismo, cujo prisma da construção do conhecimento tem na observação sensível — observação neutra — a gênese desse conhecimento. Enquanto isso, a ideia de comprovação de um conhecimento se fundamenta na possibilidade de comprovar um conhecimento já produzido. Tal cenário sugere a necessidade de investigar como essa “contradição” aparece entre os docentes de Química.

A dimensão estética das atividades experimentais

A estética dos experimentos foi um aspecto valorizado por autores de parte das propostas. No entanto, estes interpretam de maneira diferenciada o “colorido” que, em geral, caracteriza as atividades experimentais de Química. Nessas condições, autores descreveram o seguinte:

A regeneração da resina A, por tratamento com solução de H_2SO_4 , forneceu um líquido azul e a da resina B, utilizando solução de NaOH, um líquido amarelo [...]. Novamente a maioria dos alunos se restringiu às colorações, não se empenhando em compreender o que ocorrera. Deve-se mencionar aqui que os alunos, que não consideraram os íons incolores presentes na solução verde, erraram também, como conseqüência, estas duas questões (OSORIO *et al.*, 2003, p.963).

Ainda na explanação em sala de aula, fornece-se ao aluno uma lista dos possíveis produtos de eletrólise que ele poderá obter em diferentes circunstâncias, acompanhados de algumas das suas propriedades, pelas quais possam ser identificados, conforme mostrado na Tabela I. É claro que muitos alunos, a esta altura do curso, já conhecem as propriedades básicas do H_2 e O_2 , mas sempre fico surpreso ao verificar a quantidade de

alunos que ficam maravilhados ao presenciarem o pequeno estampido produzido quando se introduz um palito de fósforo aceso em tubo de ensaio cheio de H_2 . A razão disso é que nessa aula a iniciativa de *testar* se o gás explode é do aluno e o resultado do teste é usado para interpretar um outro fenômeno, o da eletrólise, que novamente foi o próprio aluno que tomou a iniciativa de fazê-lo (FARIA, 1985, p.168).

O “fascínio” dos estudantes pelos experimentos de Química e o “perigo” decorrente deste fascínio é um aspecto bastante antigo e objeto de reflexão. Para Bachelard (1996), muitas vezes a única lembrança dos alunos relativa às aulas de Química são as explosões. Quando a observação colorida e pitoresca se sobressai, o autor sinaliza a presença da *experiência primeira* que pode trazer resultados improdutivos à construção do conhecimento científico. Entretanto, os experimentos representados pelos fragmentos acima não estão em sintonia com a ideia de *experiência primeira*, pelo contrário. A apreciação pela dimensão estética também é frequente em atividades experimentais destinadas à educação básica (GONÇALVES; MARQUES, 2006). A existência desse discurso na educação superior pode ser um indicativo da sua disseminação entre os futuros professores do ensino fundamental e médio. A crítica à *experiência primeira* é um reconhecimento tácito de que não são os experimentos coloridos e com explosões, em si mesmos, prejudiciais à construção do conhecimento, mas a forma como são desenvolvidos. Em harmonia com esse argumento, certos autores apontam experimentos esteticamente coloridos como relevantes na proposição de questionamentos:

Podemos observar que essa experiência demonstra uma série de conceitos físico-químicos importantes, como: a) a eletrólise em sais fundidos; b) a difusão de íons no vidro (analogia com os erros devidos ao sódio, em um eletrodo de vidro para a determinação de pH) e c) a emissão termoiônica por um filamento aquecido. Por um lado estético, temos uma bela visão do metal sódio brilhante, por estar dentro de uma atmosfera inerte. O fato de recolhermos o sódio sem romper o bulbo da lâmpada também leva a questionamentos interessantes (BONAPACE, 2004, p.669).

Se as atividades experimentais “coloridas” são esteticamente “bonitas”, e isso é algo apreciado no ensino de Química, não significa que tal característica precise se sobrepôr a uma discussão crítica relativa aos conteúdos abordados, como está implícito na passagem acima. Os questionamentos, por exemplo, são importantes para não reduzir o experimento a

um espetáculo colorido e divertido, com a finalidade de ilustrar assuntos abordados previamente em sala de aula.

As atividades experimentais coloridas também foram interpretadas como uma possibilidade de propiciar a “motivação” discente:

Reações oscilantes estão entre as reações demonstrativas mais fascinantes dentro da química. Nas duas reações apresentadas neste trabalho, uma mistura de soluções apresenta uma seqüência de cores que se repete periodicamente. Este tipo de reação é uma excelente ferramenta a ser utilizada quando se deseja atrair a atenção dos alunos, pois cria uma expectativa pela aparição de uma nova cor, despertando o interesse em descobrir o que ocorre durante estes experimentos (ARROIO *et al.*, 2006, p.175).

A crença docente nas atividades experimentais coloridas como motivadoras dos alunos tem sido identificada pelas pesquisas (GONÇALVES; MARQUES, 2006; GALIAZZI; GONÇALVES, 2004). No entanto, como discutiremos posteriormente, não se pode garantir que experimentos com tais características são promotores incondicionais da motivação para a aprendizagem. Como diz Bachelard (1996), o que atrai a atenção dos alunos, às vezes, são as explosões e o colorido, e não o fenômeno em si.

Outros autores salientaram a necessidade de a preocupação com a estética do experimento ser acompanhada pelo cuidado com a integridade física dos participantes:

A seguir estão descritos alguns experimentos de quimiluminescência que são adequados para a demonstração em sala de aula. Os experimentos foram escolhidos segundo os seguintes critérios: (i) “espetacularidade” da demonstração, (ii) facilidade de execução, (iii) contribuição para a aprendizagem de química básica, (iv) aspectos de segurança, (v) disponibilidade dos reagentes. Este último item pode ser considerado o mais problemático e uma boa parte dos reagentes utilizados não são de fácil acesso no Brasil. Na parte experimental são indicados os fornecedores dos reagentes mais sofisticados. Além disso são citadas referências bibliográficas sobre a preparação dos reagentes, nos casos em que os procedimentos sintéticos são relativamente simples (ALBERTIN *et al.*, 1998, p.773).

Sem dúvida, o fogo é algo que impressiona o homem desde a antiguidade e tem impacto visual para estudantes e, em condições seguras, é útil para ilustrar propriedades do biodiesel (RINALDI *et al.*, 2007, p.1379).

Freire (1996), apesar de não tratar explicitamente da experimentação no ensino de Ciências, destaca que, no movimento da ingenuidade à criticidade, a estética precisa estar associada à ética. Com base nisso, entendemos que o desenvolvimento de atividades experimentais esteticamente “bonitas” necessita respeitar a integridade física dos estudantes e o meio abiótico e biótico, como um todo. Soma-se a isso o fato de os experimentos bonitos não garantirem, por si só, a aprendizagem discente do conhecimento sistematizado. Essa aprendizagem é essencial em uma visão de educação que pretende favorecer a apropriação de conhecimentos científicos.

Em suma, a dimensão estética das atividades experimentais de Química é um aspecto fortemente estimado na educação superior. O espectro de compreensão dos experimentos com essa característica pode ser constituído por interpretações diferenciadas, tal como aquela que entende a experimentação colorida como um modo de motivar os alunos, ou ainda a que percebe os experimentos esteticamente bonitos como vinculados de forma intrínseca a questões de ordem ética, como o respeito à integridade física discente.

Motivação: objetivo da experimentação?

A compreensão arraigada entre os professores de Ciências Naturais de que as atividades experimentais são um meio para motivar os alunos apareceu sob diferentes enfoques nos artigos analisados. Entre esses enfoques, está aquele que acredita na experimentação, por si só, como motivadora:

É consenso que a experimentação desperta interesse entre os alunos, independente do nível de escolarização³. Os experimentos demonstrativos ajudam a focar a atenção do estudante nos comportamentos e propriedades de substâncias químicas e auxiliam, também, a aumentar o conhecimento e a consciência do estudante de química⁴ (ARROIO *et al.*, 2006, p.173).

Não é consenso na literatura a ideia de que as atividades experimentais motivam de forma incondicional (GONÇALVES; MARQUES, 2006; HODSON, 1994). Pelo contrário, às vezes os alunos têm aversão à realização de experimentos (HODSON, 1994). A motivação em sala de aula é um fenômeno complexo para ter a sua discussão encerrada em torno da experimentação. Por exemplo, a avaliação é um dos aspectos apontados na

literatura que podem estar relacionados com a motivação discente (TAPIA, 2003). A psicologia contemporânea também destaca que é muito difícil identificar a influência de fatores internos ou externos sobre o comportamento dos estudantes (GUIMARÃES, 2001). Outro enfoque, menos expressivo, é o da “motivação” como decorrente da aprendizagem proporcionada pelo experimento:

Como observação final, os autores do artigo notaram um grande entusiasmo dos alunos durante a execução do experimento, especialmente pela aprendizagem de novos conceitos e também pela sua ligação com outros fatos da química do estado sólido (ZARBIN; DAVANZO, 1995, p.499).

A passagem acima parece estar em harmonia com o posicionamento de Tapia (2003), ou seja, às vezes não é a desmotivação em si a causadora da pouca aprendizagem dos alunos, mas o inverso, a desmotivação como consequência da mínima aprendizagem. Isso sugere que talvez o professor tenha como foco principal da sua ação a aprendizagem e não a motivação, que, por sua vez, seria uma decorrência da aprendizagem. Porém, a preocupação docente com a aprendizagem não tem como resultado, obrigatoriamente, a motivação do aluno, pois, como argumentamos anteriormente, essa motivação é um fenômeno bastante complexo.

Outros autores indicaram características importantes nas atividades experimentais para serem motivadoras:

Este trabalho é parte de um projeto que objetiva o ensino de princípios de métodos óticos de análise para ensino superior e escolas técnicas, utilizando a fotometria de chama para análise de amostras do cotidiano dos alunos. Considerando o baixo custo do instrumento usado em relação à sua ampla aplicabilidade, a técnica oferece muitas opções didáticas. O uso de amostras presentes no cotidiano é reconhecidamente importante para atrair a atenção do estudante, melhorando o aproveitamento do conteúdo abordado. Aspectos como a interdisciplinaridade e o cotidiano são incentivados pelas novas propostas de ensino no País, tais como a Lei das Diretrizes e Bases da Educação, além dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que foram propostos para o ensino fundamental e médio, com o intuito de melhorar a participação dos alunos nas aulas e despertar o seu interesse para o conteúdo abordado⁵, mas podem ser úteis também no ensino superior. Essas propostas são plenamente contempladas nos experimentos propostos (OKUMURA; CAVALHEIRO; NÓBREGA, 2004, p. 832).

A crença de que utilizar materiais do cotidiano em experimentos favorece a motivação discente tem sido identificada, sobretudo, em discursos destinados à educação básica (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Aliás, a inclusão no argumento dos autores da voz dos documentos oficiais de orientação curricular para o ensino médio e fundamental pode ser um indício da tentativa de validar a ideia de que o uso de materiais do cotidiano auxilia na motivação, bem como de estender a proposta de experimento à educação básica. Todavia, outros autores expõem aspectos relevantes quando se utilizam materiais do cotidiano:

O experimento alia a motivação do estudante, através da utilização de um produto de uso cotidiano, ao aprendizado de técnicas de extração com solventes e purificação de substâncias naturais, no caso a cafeína. Além disso, os reagentes empregados são de baixo custo e não tóxicos (BRENELLI, 2003, p.136).

Independentemente da possibilidade do uso de materiais do cotidiano dos alunos propiciar ou não a motivação, é imprescindível não sobrepor a questões de ordem ética, como o respeito à integridade física dos estudantes. O fato de serem materiais do cotidiano não significa que a sua manipulação não implique riscos aos discentes. Em outras palavras, o discurso sobre motivação não se opõe àquele preocupado com a integridade física dos estudantes.

A experimentação ainda foi mencionada como um modo de motivar os alunos para a carreira de pesquisadores:

A metodologia desenvolvida mostrou-se bastante eficiente, uma vez que possibilitou ao aluno adquirir familiaridade com as técnicas de extração líquido-líquido com solventes reativos e não reativos e com a cromatografia em camada delgada. Além disso, forneceu informações sobre a polaridade das substâncias existentes nos diversos extratos, bem como sobre a constituição química da planta. Finalmente, a metodologia desenvolvida, além de incentivar os alunos para iniciação científica, forneceu uma boa base para aqueles que pretendem trabalhar na área de produtos naturais (CHAVES, 1997, p. 561).

O uso da experimentação para motivar os alunos da educação superior ao exercício da pesquisa parece atribuir aos experimentos didáticos as características daqueles

desenvolvidos no contexto da produção do conhecimento científico. Apesar de os estudantes desse nível de ensino necessitarem dominar um conjunto de técnicas importantes, é fundamental distinguir as funções epistêmicas e pedagógicas da experimentação. Os experimentos realizados em sala de aula são de caráter pedagógico independentemente do nível de ensino. Esse discurso de utilizar as atividades experimentais para motivar a carreira científica foi igualmente direcionado para o ensino médio:

Devido ao baixo interesse pelos cursos de Ciências Básicas nos últimos vestibulares, diferentes formas de motivar o interesse por temas científicos ainda nas escolas de ensino médio e fundamental foram estudadas. Com o intuito de divulgar de maneira informal a Química por meio de experimentos, bem como despertar a curiosidade e incentivar o interesse dos alunos por esta nobre área, foi elaborado o “Show de Química com Música”.

A escolha por esta modalidade (show de química com música) deve-se ao fato da força da linguagem audiovisual conseguir dizer muito mais do que captamos, chegando simultaneamente por muito mais caminhos do que conscientemente percebemos, fazendo com que encontremos dentro de nós uma repercussão em imagens básicas, centrais, simbólicas, arquetípicas, com as quais nos identificamos, ou que se relacionam conosco de alguma forma [...] (ARROIO *et al.*, 2006, p.173).

A experimentação como um modo de incentivar os estudantes da educação básica a seguirem carreiras científicas é um objetivo bastante antigo. Isso se encontra em desarmonia com o discurso contemporâneo em educação em Ciências, pois se sinaliza um ensino relevante para quem almeja seguir carreiras científicas, e, sobretudo, para aqueles que provavelmente não terão acesso, após o ensino fundamental e médio, ao estudo sistematizado do conhecimento científico. Esse é o argumento de enfoques modernos para o ensino de Ciências, como o denominado de *Science for all*, ou “Ciência para todos”.

Em síntese, o entendimento das atividades experimentais como promotoras incondicionais da motivação precisa ser problematizado, visto que parece ser constituinte de um senso comum pedagógico. Às vezes, esse entendimento vem acompanhado de outros, a princípio pouco fundamentados teoricamente, como aquele que defende a utilização de materiais do cotidiano discente para gerar a motivação. Embora os alunos possam se interessar pelo exame desses materiais, seu uso precisa ocorrer de forma criteriosa de modo a não colocar em risco, por exemplo, a integridade física deles.

O erro e suas implicações na experimentação

O erro apareceu com significados variados nas propostas de experimento. O mais expressivo foi aquele com sentido estatístico:

Por fim, cabe destacar que não há necessidade de se empregarem balanças analíticas para a determinação da massa da gota. Uma vez que muitos laboratórios não dispõem de tal equipamento, é possível utilizar balanças semi-analíticas, observando-se que um número maior de gotas deve ser coletado, a fim de minimizar o erro experimental advindo deste instrumento (BEHRING *et al.*, 2004, p.495).

A noção matemática de erro é constituinte do discurso acerca da experimentação na Química e no seu ensino. As considerações dos autores parecem se aproximar do posicionamento de Bachelard (1996), quando este afirma ser necessário refletir para medir, e não o inverso. Refletir para medir é um modo de não entender as atividades experimentais como a execução de uma “receita de bolo”. O cálculo do erro tem sido um dos objetivos atribuídos à experimentação por docentes de Física na educação superior, especialmente com a intenção de ajustar o fenômeno à teoria. (ANTÚNEZ; PÉREZ, PETRUCCI, 2008). O erro no experimento ainda pode atingir outro significado:

[...] foi observado que no caso do vinagre de vinho tinto, a viragem dos indicadores alternativos não é clara, passando de vermelho para castanho no ponto final. Como consequência, observam-se erros relativos elevados em relação a fenolftaleína.

Esta interferência deve ser causada pela presença de antocianinas e outros compostos da uva^{23,24}, os quais podem estar quimicamente alterados pelo processo de fermentação, não funcionando como indicadores de acordo com testes realizados, sendo um ponto bastante interessante de discussão com os estudantes acerca da influência da natureza da amostra na visualização do ponto final (SOARES; CAVALHEIRO; ANTUNES, 2001, p.410-411).

A compreensão de erro implícita no fragmento acima também parece estar em consonância com a epistemologia bachelardiana (BACHELARD, 1996), visto que não se trata de um erro oriundo da distração ou “falta de informação”. É um erro do qual o sujeito inicialmente não tem clareza de como se desvencilhar. Os experimentos com esse “tipo de erro” podem contribuir sobremaneira para a aprendizagem, pois, como ressalta Bachelard

(1996, p.126), “a primeira experiência exigente é a experiência que falha”. Ou seja, tentar entender o que não se consegue explicar, ou o imprevisto, é um aspecto importante na experimentação.

De outra parte, há erros menos surpreendentes, cujas causas podem ser examinadas melhor:

Análise das fontes de erro constitui um proveitoso exercício de raciocínio. Podem ser considerados os efeitos, sobre a massa de produto sólido obtida, de fatores como: decomposição incompleta, presença de umidade no bicarbonato de partida, presença de impureza termoestável no bicarbonato, absorção de umidade pelo produto sólido, etc. São fontes de erro sistemático, que vão afetar o resultado numa dada direção, contrariamente aos erros aleatórios que os alunos costumam mencionar vagamente nos seus relatórios (MAIA; OSORIO, 2003, p.596).

Essa noção de erro pode ser valorizada pelo professor para apreender os conhecimentos discentes sobre o fenômeno estudado no experimento. Os erros aleatórios, indicados pelos alunos e assinalados pelos autores, precisam ser tomados como pontos a serem problematizados em sala de aula e, em consequência, orientar a ação docente. Isso tem implicações na forma de avaliar do professor, que transcenderia uma perspectiva sancionadora em direção a um acompanhamento das aprendizagens dos estudantes.

Logo, o discurso relativo ao erro na experimentação pode ser um aspecto positivo se for interpretado como ponto de partida para enriquecer o conhecimento discente. Tanto o erro cometido por falta de informação ou distração e que, portanto, pode ser identificado posteriormente, como aquele que o sujeito não tem lucidez para identificar e do qual não consegue se separar, podem ser objetos de discussão.

A modo de conclusão

Os discursos pedagógicos, epistemológicos e ambientais explorados aqui são caracterizados mais adiante como constituintes de uma consciência real (efetiva) e de uma consciência máxima possível em torno das atividades experimentais no ensino de Ciências. Não obstante, já foi possível descrever, por meio da análise das propostas de experimentos, um cenário indicativo da necessidade de problematizar o conhecimento acerca da

experimentação dos docentes das componentes curriculares de conteúdo específico atuantes em cursos de bacharelado e licenciatura em Química. Entende-se que doravante a socialização da análise das propostas de experimento do periódico *Química Nova* pode subsidiar não somente o planejamento de atividades experimentais pelos docentes, mas a proposição por parte de autores de artigos com sugestões de experimentos, bem como a análise de leitores dessas produções textuais relativas à experimentação. De certa forma, a divulgação de propostas de experimentos em sintonia com a caracterização da consciência máxima possível — que será exposta e discutida mais adiante —, poderá contribuir para o processo de problematização das atividades experimentais no processo de desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de Química. Por outro lado, julga-se haver na análise exposta uma colaboração no processo de constituir um corpo de conhecimento a respeito dos discursos docentes acerca da experimentação no ensino de Ciências.

A experimentação nas componentes curriculares de Química e no desenvolvimento profissional dos formadores

Será apresentada aqui a análise das informações oriundas das entrevistas com os docentes³⁶ das componentes curriculares de conteúdo específico. Não foi foco da análise “verificar” se o discurso a respeito da experimentação encontrado nos artigos da seção *Educação* da *Química Nova* também estava presente entre os investigados — lembra-se: autores de propostas de experimento analisadas. No entanto, em vários fragmentos explorados nas categorias que seguem aparecem entendimentos analisados previamente nas propostas de experimento dessa revista. Há momentos nos quais realizamos de forma explícita articulações em relação ao já analisado e à análise em curso, de modo a mostrar aspectos comuns entre os discursos dos investigados e dos autores dos artigos, a saber: a necessidade de tratamento dos resíduos; a abordagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais; a utilização de materiais alternativos; a experimentação como motivadora; e o entendimento de que as atividades experimentais podem ser um meio tanto de comprovar como de introduzir uma teoria.

Do ponto de vista analítico, foram separadas as categorias que tratam as atividades experimentais como uma ferramenta metodológica daquelas que as tratam como um conteúdo para a aprendizagem dos formadores e licenciandos. Os metatextos relativos a essas categorias são expostos a seguir.

A experimentação como modo de disseminar conhecimentos teóricos e práticos

As categorias “contradições acerca da experimentação” e “situações-limite” são abordadas em uma discussão na qual as atividades experimentais são entendidas como uma ferramenta metodológica no tratamento dos conteúdos químicos.

³⁶ Os termos professor, pesquisado e investigado foram utilizados invariavelmente para professor e professora, pesquisado e pesquisada e investigado e investigada, respectivamente.

Contradições acerca da experimentação

Os docentes explicitaram compreensões sobre a experimentação no ensino e na Ciência que se contradizem, no sentido de não estarem em harmonia. As contradições aparecem também no âmbito propriamente dito do ensino em relação à articulação entre teoria e prática/experimentação. Nos relatos, surgiu um fato bastante comum nas licenciaturas e bacharelados em Ciências Naturais, que é a separação entre componentes curriculares “teóricas” e “experimentais”:

Eu não lembro o ano [...] eu fui encarregado de pegar dois semestres de Química Geral Experimental e transformar aquela disciplina em semestral. Portanto, em um semestre só [...]. Puxa vida rapaz, pegar dois semestres e pôr num só, quer dizer, vai perder muita coisa, foi o que eu supus né? Aí comecei a estudar com mais cuidado e vi que tinha uma experiência, logo de cara assim, onde o aluno aprendia a usar balança analítica. Aí falei: pô (gozado que eu mesmo já tinha dado aquela experiência né? Já tinha né? Porque tava estabelecido, como professor [...]). Falei: mas, o aluno não precisa de um dia específico pra aprender a usar balança analítica. Eu posso dar um experimento, outro, onde o uso da balança esteja implícito né? E não vou dizer pra ele: agora você vai aprender usar balança analítica. Não vou nem falar nisso, ele simplesmente vai usar [...]. Esse aprendizado tem que estar embutido, então você não precisa estar ensinando isso. “Hoje nós vamos aprender como descartar resíduos”. Não precisa fazer isso. Você naturalmente nas experiências vai ter isso embutido, porque é essencial. [...].

[...] a gente tem que passar conceitos né? Fundamentos né? Então, isso eu posso passar perfeitamente no laboratório. Então, em relação ao laboratório eu posso dar uma aulinha prévia, eventualmente. Principalmente no início pra começar a chamar a atenção do aluno: olha isso, olha aquilo ali. Principalmente quando eu tenho muito aluno no laboratório eu não consigo ir de aluno por aluno. Você vê, mesmo que tenha mais que um professor, você não consegue atender cada aluno individualmente. Então, uma introdução teórica ao laboratório, de preferência no mesmo dia em que o laboratório vai ser executado, é bem-vinda, desde que não seja muito longa né? E as aulas teóricas elas devem ser no sentido mais de introduzir num novo modo de pensamento né? Quer dizer, então a aula teórica pra mim não é onde você vai passar um volume de conhecimento. Conhecimento você vai passar né? Mas, você vai passar atitudes perante aquilo que você tá aprendendo né? Então, nesse sentido, a aula teórica que eu não chamaria mais de aula no meu entender poderia ser mais uma conversa com os alunos né? Ou eventualmente em alguns casos até uma palestra [...]. Então, aquela aula teórica, a fragmentação entre teoria e prática do modo como é feita, eu tenho as minhas restrições. A teoria você pode eventualmente usar, além de passar os conceitos, pra empurrar o aluno numa certa direção (P4).

Em geral, as componentes curriculares “teóricas” estão localizadas na grade curricular antes das componentes curriculares “experimentais” correspondentes. Apesar da justificativa para a dicotomia imaginária entre experimentação/prática e conhecimentos teóricos, como a exposta pelo professor acima — excessivo número de alunos — essa dicotomia guarda em si contradições, independentemente se ela é traduzida por meio de componentes curriculares “teóricas” e “experimentais” situadas em semestres opostos ou, como é defendido no fragmento, em um mesmo semestre. No caso das componentes curriculares “teóricas” precederem em um semestre as “experimentais” correspondentes, pode-se questionar o papel dos experimentos na aprendizagem de conteúdos conceituais, pois os estudantes, em tese, já aprenderam tais conteúdos, uma vez que foram aprovados.

O investigado, entretanto, acredita na experimentação como modo de ensinar e aprender teoria, posicionamento com o qual concordamos, mas que é contraditório em uma grade curricular na qual as aulas “teóricas” ocorrem em semestre anterior às aulas “experimentais”. E nas ocasiões em que as componentes curriculares “teóricas” são lecionadas no mesmo semestre das componentes curriculares “experimentais”, como sugere o pesquisado, é presumível o fato de as ditas “aulas teóricas” colaborarem na aprendizagem das teorias, caso contrário não haveria justificativas consistentes para oferecê-las e mantê-las. Mas as possíveis aprendizagens de conhecimentos teóricos evidenciadas nessas componentes curriculares podem ser influenciadas pelas aulas “experimentais”, ou então se põe em xeque a contribuição dos experimentos na apropriação dos conhecimentos teóricos. Em síntese, do ponto de vista da aprendizagem, a dicotomia examinada é desnecessária, e não conseguimos vislumbrar situações nas quais ela pode colaborar com os estudantes. Entende-se que as atividades experimentais são relevantes na aprendizagem de conteúdos conceituais, assim como podem ser outras atividades didáticas. Por outro lado, a presença de segmentos diferenciados dentro da própria área que se denominam pesquisadores teóricos ou pesquisadores experimentais — isso é válido não somente para a Química, mas para outras Ciências como Biologia e Física — colabora para a valorização e, de certa forma, para legitimar no coletivo docente essa dicotomia entre “teóricos” e “experimentais”. Apesar de o desenvolvimento da pesquisa em Química Teórica ocorrer sem necessariamente haver a realização simultânea de experimentos de bancada, não se

admite que se promovam tais experimentos de bancada no “vácuo teórico”, caso contrário, se expressaria a crença em uma neutralidade. Essa argumentação justifica o porquê de se caracterizar a dicotomia entre experimentação/prática e teoria como imaginária. Há circunstâncias nas quais a componente curricular, mesmo isenta dos adjetivos “teórica” ou “experimental”, pode ser nitidamente dividida em aulas “teóricas” seguidas das “experimentais” com a função de comprovar um conhecimento estudado previamente. Do mesmo modo, faz-se necessário enfrentar a fragmentação no ensino dos conteúdos por meio dos experimentos, como propõe o investigado, e que já discutimos anteriormente. Ou seja, não é preciso uma aula somente para ensinar a tratar resíduos ou a manipular uma balança analítica, visto que o ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais pode ocorrer de maneira integrada. No entanto, o olhar fragmentário orientador do ensino desses conteúdos pode justificar a fragmentação entre aulas “teóricas” e “experimentais”:

A discussão dos resultados? Aí é uma característica muito específica da Química Analítica né? Que a gente tem como objetivo a discussão de um conceito e depois, no caso da realização do experimento, muitas vezes verificar a realização correta da técnica, ou da manipulação correta do equipamento e muitas vezes isso acaba sendo conferido a partir de resultados de análise. Então, se o resultado tá próximo daquilo que se esperava, porque a gente tem os resultados esperados, essa é uma maneira de mostrar um bom desempenho. E eu já reparei também que não necessariamente é uma forma das mais eficientes (P5).

Focalizar a experimentação como promotora da aprendizagem de técnicas poderia justificar a separação das componentes curriculares em “teóricas” e “experimentais”. Essa justificativa, embora mais coerente, não condiz com uma visão de aprendizagem que compreende a utilização de técnicas e a manipulação de equipamentos como vinculada a conhecimentos teóricos e atitudinais. Contudo, contrariamente ao que defendemos, a valorização de um entendimento de experimentação com ênfase na fragmentação excessiva de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais tem sido fomentada na literatura (MERINO; FERRERO, 2007; INSAUSTI; MERINO, 2000).

A disjunção de componentes curriculares, ou de aulas, em “teóricas” e “experimentais”, às vezes, pode não ser uma opção explícita do docente:

Bom, um aspecto que eu acho que tem que ser considerado é a própria organização do curso como um todo [...]. Então, um esquema mais ou menos tradicional da instituição acaba sendo mantido. Então, a organização de aulas teóricas num dia, de aula experimental no outro, a duração, a quantidade de experimentos, ela acaba sendo muito, como posso dizer, não é moldada, mas tem uma orientação geral da própria instituição (P5).

O modo de funcionamento institucional influencia a maneira de desenvolver experimentos e na organização das componentes curriculares. A inserção dos professores em componentes curriculares “teóricas” ou “experimentais” não significa uma concordância deles com tal segregação. Isso, como argumentaremos posteriormente, relaciona-se com uma situação-limite relativa à pouca valorização da coletividade e cumplicidade entre os docentes, pois o arranjo de aulas “teóricas” e “experimentais” é fruto do consentimento de parte dos profissionais da área.

As contradições apareceram também entre a visão de experimentação na Ciência e aquela concernente ao ensino, como mostra o depoimento abaixo:

Nós aqui tradicionalmente a gente tem o tal do colóquio. O colóquio ele foi instituído pelo Rheinboldt na década de 30. Mas, ele tem funcionado bem. Então, a gente, antes de começar a trabalhar com o experimento, a gente procura fazer com que o aluno realize esse experimento teoricamente. Então, ele tem que buscar as reações químicas envolvidas, apesar de que eu não tô dando aula experimental já faz algum tempo, eu tô só com teoria. Mas, a gente sempre trabalhou assim e os colegas que estão no laboratório procuram trabalhar assim também. Então, primeiro o aluno busca a teoria envolvida. É uma reação de oxidação de álcool né? Como é que isso se processa. E aí a gente faz uma discussão com eles do que eles pretendem, a gente induz eles ao que eles pretendem chegar a partir daquilo que é proposto pra eles fazerem. Se gasta uma hora mais ou menos antes do experimento. Só depois que a gente consegue ver deles uma segurança naquilo em que eles vão fazer e aonde eles querem chegar é que a gente parte para o experimento propriamente dito. É mais ou menos o contrário do desenvolvimento da Ciência. A Ciência tem, basicamente, você tem o fenômeno e tenta explicar o fenômeno. Aqui como o fenômeno é conhecido, a gente inverte um pouco esse processo. Explica o fenômeno e depois vê o fenômeno na prática [...]. A parte de manipulação mesmo do experimento, a parte experimental, a gente espera que eles vão desenvolvendo e aí a gente dá experiência pra eles quando eles pedem. Isso até é feito uma discussão rápida, mas a importância é dada aos fundamentos envolvidos e aonde se quer chegar com aquilo, que objetivos né? Só que não se procura falar pra eles esses objetivos. A gente procurar induzir eles na discussão durante o colóquio que isso aflore, que haja consenso (P1).

Fica explícito o reconhecimento do próprio professor da contradição entre a sua visão dos experimentos promovidos na Ciência e no ensino. Portanto, essa contradição docente não é ingênua e, em parte, baseia-se em um modo de desenvolver atividades experimentais bastante arraigado na cultura disciplinar da área de Química Analítica. O fragmento mostra o quanto a maneira de realizar a experimentação é influenciada por uma aprendizagem pouco fundamentada nos resultados contemporâneos das investigações em ensino de Ciências, e não por uma opção epistemológica explícita acerca da construção do conhecimento. A forma de realizar os experimentos de Química Analítica é a mesma em muitas instituições há mais de meio século e tem como alicerce o “método” proposto pelo professor Rheinboldt, apesar dos avanços das pesquisas em ensino de Ciências. O investigado expõe uma compreensão a respeito das atividades experimentais na Ciência que se aproxima da visão empirista, como aparece mais nitidamente em outro trecho: “E aí tem um outro desafio que é inverter a coisa. É a partir da experimentação criar o conhecimento, mas isso já fica pra outra etapa da formação né?” (P1). Entretanto, a execução dos experimentos no âmbito do ensino se afasta dessa visão, uma vez que se parte de uma teoria da qual o aluno supostamente já se apropriou. As contradições entre o entendimento da experimentação no ensino e na Ciência transcendem uma perspectiva mais empirista:

Veja, pra mim, uma visão primordial que um químico precisa ter é que Química é uma Ciência experimental. Então nós não podemos simplesmente ler os grandes livros, os ótimos livros né? E achar que tudo aquilo é absolutamente o que ocorre. Claro que em muitos estágios de formação realmente é isso que vale, mas em outros tantos mais avançados a gente sabe que não é bem assim. Então, é crucial o aluno entender que o conteúdo que nós temos teórico é fruto de experimentos bem executados e bem interpretados. E ele como um experimentador vivenciar essa questão de fazer criticamente experimentos. Porque se ele aprender isso, acho que não vai ser com o conteúdo de graduação que ele vai refutar a teoria. Mas, se ele aprender esse tipo de raciocínio ele refutará no futuro quando realmente estiver, em função da formação adquirida, executando experimentos que possam levar esse tipo de situação. Aí eu diria que é fundamental esse treinamento mental que ele tem que ter pra conseguir tanto o questionamento, quanto a interpretação, então do que ocorreu. [...] Mas, a minha visão é muito no sentido de que, sendo uma Ciência experimental, a teoria tem que ser comprovada por experimentos ou a teoria decorre de experimentos. Eu vejo as duas possibilidades. Então, ou surge um modelo mental que o experimento tem que comprovar, ou você tem experimentos que levam a novas teorias. Mas, pra mim, em uma

Ciência experimental as teorias sólidas sempre devem ser provadas por experimentos (P2).

O investigado mostra um ponto de vista da experimentação na Ciência que se aproxima do empirismo, já que acredita nas teorias como derivadas dos experimentos. Mas compartilha em parte também de uma compreensão semelhante à popperiana. Para Popper, as atividades experimentais possuem o papel de refutar conclusivamente uma teoria (SILVEIRA, 1996). São os denominados experimentos cruciais. Epistemólogos contemporâneos discordam da atribuição desse papel aos experimentos (KUHN, 1975). Todavia, tanto esses epistemólogos quanto Popper discordam da ideia dos experimentos comprovarem, em definitivo, uma teoria. No processo de ensino e aprendizagem, a interpretação de que há experimentos cruciais pode ser igualmente contestada. O próprio docente faz referência a essa impossibilidade, o que reforça o argumento anterior, isto é, a contradição relatada não é ingênua. Além disso, crer que um experimento didático seja capaz de comprovar ou refutar uma teoria construída em outro contexto de validação, com outros sujeitos dominadores de métodos e fundamentos sofisticados, é um indício de uma análise pouco congruente com a construção do conhecimento científico e a sua apropriação no âmbito escolar, o que inclui a educação superior. Esse discurso docente é um indicativo de que se pode identificar em um mesmo sujeito mais de um entendimento epistemológico relativo à função das atividades experimentais na Ciência. Embora o professor não consiga promover um experimento didático totalmente em harmonia com a sua interpretação de como a experimentação ocorre na prática científica, pode-se afirmar, com base no exposto pelo pesquisado, que esse profissional fomenta a apropriação de uma ideia análoga em relação às atividades experimentais.

Enfim, os investigados explicitam visões e ações concernentes às atividades experimentais na formação de professores de Química permeada de contradições. Há indicativos em seus depoimentos de que, seja no processo de ensino e aprendizagem, seja na Ciência, a experimentação é interpretada sob um espectro epistemológico que não se encerra a uma influência do empirismo, pois características da epistemologia popperiana se fizeram presentes no modo de entender a experimentação na Ciência. A dicotomia “imaginária” entre prática/experimentação e teoria na licenciatura em Química foi igualmente identificada no discurso dos investigados. Tal dicotomia nem sempre é uma

opção docente, pois a própria organização curricular, às vezes, valoriza uma disjunção entre teoria e experimentação/prática por meio de componentes curriculares “teóricas” e “experimentais”. Essa dicotomia parece ser fruto de uma visão fortemente fragmentada acerca da construção do conhecimento.

Situações-limite: as estruturas institucionais

Os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico identificaram problemas associados à estrutura das instituições — em suas dimensões física, humana e organizacional — e que dificultam a realização das atividades experimentais. A maioria reconhece nessa estrutura a ausência de recursos materiais como um dos problemas mais marcantes. Foram mais escassas as manifestações relacionadas aos recursos humanos e à organização institucional em si. Quanto aos recursos materiais, um professor destacou:

Eu acho que talvez ele pudesse propor pros alunos a caracterização pra mostrar pra eles que eles tiveram sucesso nesse trabalho. Acho que isso é um ponto que me chamou um pouco a atenção. Agora, nem sempre o pessoal dispõe de recurso. Ele fala no final aqui, se tivesse raio-X e tal, mas talvez tivesse outras técnicas mais simples que pudessem ser usadas (P1).

Então, nesse aspecto da licenciatura, a gente teve discussões a respeito disso. Inclusive nós fizemos experimentos no ensino médio. Existia uma Fundação que eu esqueci o nome dela [...]. Eu acho que era FUNBEC. Que tinha já naquele tempo da graduação da gente, começo da década de 80, que já tinha vários experimentos com a preocupação da simplicidade e esses experimentos a gente chegou a aplicar isso no ensino e a gente vê que muda mesmo o interesse do aluno né? (P1).

A vivência em um contexto carente de recursos materiais tem conduzido docentes de instituições de educação superior a adotarem alternativas mais acessíveis, inclusive financeiramente. Reitera-se que o incentivo a procedimentos e materiais alternativos tem se tornado um discurso comum na docência em Química sem, às vezes, problematizar a necessidade de auferir recursos financeiros no âmbito do ensino. No segundo fragmento, está tácito que os formadores percebem o problema dos recursos materiais também na escola de educação básica e, por isso, seria necessária uma preocupação com a simplicidade dos experimentos. Nota-se, mais uma vez, o quão antigo é o discurso de realizar atividades

experimentais simples ou, em outros termos, com materiais alternativos. Aparece ainda no fragmento a ideia, recorrente entre os investigados, dos experimentos como promotores da motivação/interesse discente. Além disso, nem sempre a insistência na utilização de materiais alternativos se baseia nessa falta de recursos. De acordo com um investigado, um dos motivos para a utilização de materiais alternativos é:

[...] mostrar pro aluno que pra fazer Ciência você não precisa quase de aparelho, não precisa aparelho. Os aparelhos são extensões dos nossos sentidos e que em alguns casos você precisa deles. Não sou contra aparelho. Pra eu pensar na estrutura atômica e tentar criar alguns modelos, eu não preciso de grandes aparelhos. Eu preciso pensar e achar a maneira de fazer. Se você pegar os antigos filósofos, dando a instrução deles sobre a concepção de universo, é um negócio extremamente atual. Eles não tinham aparelho, eles faziam pela observação né? Da natureza. Você vai lá achar em Tales de Mileto, isso grosso modo são 2.700 anos, ele levantando as hipóteses que a vida se originou no mar. E ele se baseava nas observações, [...] outras coisas que eu não sei que passava pela cabeça dele eventualmente. Eu tenho certeza, embora o Tales de Mileto seja considerado o primeiro a levantar esse assunto, que ele não foi o primeiro. Acho que ele foi o primeiro do qual se tem registros. [...] você pode fazer Ciência sem equipamento, equipamento vem depois, porque se não nós caímos num rio que se cai muito hoje em dia, na chamada Ciência, é que se confunde Ciência com Tecnologia. Não tenho nada contra a Tecnologia. Eu utilizo Tecnologia, tá fantástico o desenvolvimento dela, é importante que a Tecnologia desenvolva. Mas Tecnologia não é Ciência né? A Ciência pode levar ao aperfeiçoamento da Tecnologia e a Tecnologia pode ajudar no desenvolvimento da Ciência, mas são coisas separadas [...]. Então, se você tira o instrumento da frente, então é ele perante o fenômeno, é ele interagindo com a natureza. Então uma das intenções é essa (P4).

Os experimentos com “materiais simples”, além de possibilitarem o seu desenvolvimento em contextos diversos, podem ser utilizados com a intenção de difundir uma ideia de que a Ciência não obrigatoriamente precisa de equipamentos sofisticados para se desenvolver. Esse discurso precisa ser problematizado no contexto científico atual, o qual conta com cada vez mais equipamentos sofisticados que permitem “observar” aspectos antes inimagináveis. A nanociência, ou nanotecnologia, é um exemplo do quanto os aparelhos podem colaborar no desenvolvimento da Ciência. Na raiz desse entendimento de que as atividades experimentais não necessitam de aparelhos sofisticados, pode estar uma visão de Ciência e Tecnologia, como sugere explicitamente o fragmento, cujas acepções seriam diferentes, apesar de se influenciarem. O estudo do enfoque CTS no ensino de

Ciências pode contribuir, portanto, para elucidar o desenvolvimento científico e tecnológico e, conseqüentemente, mostrar as relações entre ambos.

Outro professor menciona o não tratamento de resíduos como um empecilho à realização de experimentos e diz que tal tratamento precisa de recursos humanos, ou suporte técnico, nas palavras do pesquisado:

Descartar ácido clorídrico, ácido acético, você neutraliza e descarta. Agora, se você tiver cromo, mercúrio, o que você faz com ele? Eu acho que, em princípio, você deveria buscar uma alternativa de tratamento. Se essas alternativas não existirem, aí realmente não vale a pena manter a atividade. [...] Nós temos a [componente curricular A] que gera bastante resíduo. A gente tem guardado esse resíduo [...] é um problema isso aí, mas eu não interromperia não. Eu tentaria procurar paralelamente. Nossos cursos mesmos, eles são semestrais, entre um semestre e outro você tem tempo de buscar né? Agora, isso depende também da instituição. Nós aqui, por sorte, temos bastante suporte técnico que nos ajuda nesse tratamento. Por exemplo, tem instituições que não têm. Aí a pessoa não tem tempo, ou não tem recurso, pra correr atrás disso (P1).

Apesar de reconhecer a importância do tratamento de resíduos, o docente parece não vislumbrar um modo mais imediato de enfrentar a situação-limite: o não tratamento de resíduos. Entre as “barreiras” sinalizadas está a carência de técnicos, a falta de tempo e de recursos. Embora isso possa realmente ser uma “barreira”, não obrigatoriamente impede o tratamento de resíduos. Os próprios graduandos podem realizar esse tratamento, inclusive como uma atividade educativa, e não unicamente de caráter técnico e burocrático. É um momento propício para ensinar atitudes (além daquelas de caráter mais científico), conceitos e procedimentos ligados à Química.

O excesso de alunos nos laboratórios foi outro elemento mencionado da situação-limite:

Então, aula pra mim é uma coisa mais, onde você vai realmente tentar passar conceitos pro aluno. Infelizmente, o professor é pressionado por certa direção, isso é geral, e muitas vezes não tem tempo de fazer isso. Quando você tem uma turma de 80 alunos, por exemplo, fazer isso é muito complicado. Até dá pra fazer um pouco, mas é complicado pelo desgaste que o professor tem, com 80 alunos tentar fazer isso e pela própria resistência dos alunos que vêm de um ensino secundário, pré-universitário distorcido e grande parte deles resiste a essa mudança (P4).

Concordamos com o investigado que o demasiado número de alunos pode dificultar uma atuação “inovadora” do professor no laboratório. Aliás, esse excesso dificulta a aprendizagem também em outros espaços, a exemplo da sala de aula, e que geralmente acolhem mais estudantes em comparação com os laboratórios, pois é comum uma única turma ser dividida em diferentes turmas nas aulas com atividades experimentais. Com a exceção de casos excepcionais, raramente um docente consegue dialogar com cada aluno separadamente, e isso independente de estarem em uma sala de aula ou em um laboratório com menor quantidade de graduandos. É provável que a existência de turmas lotadas esteja associada ao déficit de espaço físico e no quadro docente das instituições.

O modo de organização institucional ainda foi citado como um aspecto que influencia no desenvolvimento de atividades experimentais:

Então, a disciplina experimental, na minha instituição, o docente tem liberdade de fazer grandes modificações, mas ela ocorre em regime contínuo com uma grande quantidade de turmas né? Então, grandes modificações têm que ser planejadas com muita antecedência, porque você vai ter que comprar material, você vai ter que organizar uma estrutura diferente, acertar o trabalho com os técnicos. E como a gente acaba sendo, como eu posso dizer, alocado na disciplina há cerca, no máximo, três meses antes dela começar, considerando um ou dois meses de férias antes, então não se tem muito tempo pra grandes inovações [...]. Assim, o como a gente consegue se adaptar a um modelo de orientação institucional com, o que eu acho que é fundamental minimamente, o teu toque pessoal. Então, essa preocupação com amostras reais, amostras comerciais, ou naturais, desculpe, com os procedimentos mais enxutos, com orientações de segurança, também simples, pontuais pra que elas sejam completadas dentro do laboratório; acho que isso vai dando um pouco mais a cara né? Individualizando ou personalizando com a atuação nos experimentos (P5).

A separação das componentes curriculares em “teóricas” e “experimentais” é uma orientação institucional — as instituições de educação superior, no entanto, são gestadas por sujeitos, como afirmamos anteriormente. É um fato que o professor não pode transformar imediatamente, assim como a quantidade de alunos para lecionar. Mas há outros nos quais o professor pode favorecer transformações, como está explícito no fragmento que, ao mesmo tempo, reforça o argumento de os docentes não serem meros executores de normas institucionais, ou promotores de experimento dentro de um currículo previamente elaborado. Os professores, ao planejarem e desenvolverem suas atividades

experimentais, ressignificam o papel atribuído a estas no currículo do curso de graduação em questão. Embora as aprendizagens sobre experimentação dos docentes de Química da educação superior sejam pouco fundamentadas nos resultados das pesquisas em ensino de Ciências relativas ao assunto, não se pode afirmar, por exemplo, que leem sugestões de atividades experimentais sem a influência dos seus conhecimentos em torno da experimentação nessa leitura, ou que se apropriem sempre dessas sugestões sem analisá-las. Caso contrário, seria uma valorização dos pressupostos da racionalidade técnica, que entendem os docentes como simples aplicadores de propostas de ensino alheias.

Em suma, os professores de Química na educação superior reconhecem a carência de recursos materiais, mas nem sempre o uso de materiais alternativos está vinculado com essa carência. A carência de recursos humanos também foi assinalada e pode ter como um efeito, na voz dos investigados, a dificuldade de promover o tratamento de resíduos e, em consequência, de realizar experimentos. Tal carência ainda pode implicar aulas com experimentos caracterizadas pelo número de alunos excessivo, aspecto indesejável em qualquer situação de ensino e aprendizagem. O modo de organização institucional foi citado como um “problema”, às vezes, mas que não impede, em absoluto, o professor de promover experimentos em uma perspectiva mais contemporânea a respeito do papel da experimentação. Esses problemas, portanto, foram compreendidos como situações-limite que precisam ser reconhecidas e enfrentadas pelos docentes, com vistas a desenvolverem as atividades experimentais. A maneira de enfrentar determinados “elementos” do que caracterizamos como situações-limite às vezes é apontado, conforme analisamos, pelos próprios pesquisados.

A circulação inter e intracoletiva de conhecimentos acerca da experimentação

Embora o modo de desenvolver os experimentos já se constitua em uma forma de disseminar uma determinada visão sobre as atividades experimentais, a seguir se apresenta uma análise da maneira de promover a circulação em torno da experimentação, na qualidade de um conteúdo no desenvolvimento profissional dos formadores e na sua docência.

Trabalhamos recentemente (GONÇALVES; MARQUES; DELIZOICOV, 2007) com a categoria fleckiana circulação inter e intracoletiva³⁷ na análise do desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química, de modo a sinalizar possibilidades formativas que favorecessem a interação entre pesquisadores em ensino de Química/formadores das componentes curriculares integradoras (círculo esotérico) e formadores atuantes em componentes curriculares de conteúdo específico (círculo exotérico). No entanto, na análise apresentada aqui, foram considerados outros coletivos de pensamento que envolvem, por exemplo, os licenciandos em Química. O emprego da categoria circulação inter e intracoletiva nesta tese está associado à identificação de possibilidades formativas, assim como ocorreu no trabalho mencionado (GONÇALVES; MARQUES; DELIZOICOV, 2007). Posteriormente, exploraremos outros exemplos de circulação inter e intracoletiva em torno das atividades experimentais. Assim, as categorias são: a circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação e situações-limite. As situações-limite discutidas são exatamente aquelas localizadas no processo de circulação inter e intracoletiva.

A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: espaços e tempos

Os formadores relataram os espaços e tempos em que aprenderam ou ensinaram a respeito da experimentação no ensino. Também apresentaram sugestões de espaços e tempos nos quais o ensino e aprendizagem acerca da experimentação poderiam ocorrer. Os momentos mais fortemente citados foram a graduação, a pós-graduação e a própria docência. Assim, as componentes curriculares de conteúdo específico na graduação se caracterizaram como um dos espaços de aprendizagem:

Na graduação eu tive uma ou duas disciplinas que eram diferenciadas né? Que eram as disciplinas de Química Analítica Qualitativa Inorgânica e Orgânica. Por quê? Porque ali você tinha uma série de testes que você ia fazendo e depois você tinha uma amostra problema. Então, sempre criava

³⁷ Entendemos que existe a necessidade de se desenvolver pesquisas com a finalidade de identificar os estilos de pensamento orientadores dos diferentes processos de formação docente, conquanto se possa definir a racionalidade técnica com um dos possíveis estilos de pensamento.

expectativa de você descobrir alguma coisa, chegar em alguma coisa. Então, eram laboratórios que você ficava ali e você nem percebia que a hora tava passando. E você não tava naquela, assim: “tá faltando tanto pra acabar”. Não, você ia fazendo, você ia fazendo né? Então, a condução daqueles laboratórios lá é que fizeram eu pensar sobre a minha atividade (P3).

Tenho notado nas disciplinas que eu dou que não envolvem efetivamente a discussão específica do papel da experimentação no ensino. Mas onde nós discutimos sim, porque é impossível não discutir né? Falando com futuros professores sobre o papel da experimentação. Mas, é muito difícil dissociar a experimentação que tem dos cursos de graduação com a experimentação que os professores vão usar no ensino médio. E eu noto que muitas vezes existe a tendência de tentar reproduzir o experimento de graduação, que muitas vezes ele é um experimento de objetivo técnico específico, de formação de habilidade de trabalho em laboratório pro ensino médio, onde lá o objetivo é conceitual né? Se não é uma escola técnica tu não queres reproduzir habilidades de trabalho em laboratório (P5).

Os fragmentos acima reforçam a ideia de as componentes curriculares de conteúdo específico serem, independentemente da vontade docente, espaços de aprendizagem sobre as atividades experimentais. O fato de os professores reconhecerem essas componentes curriculares como responsáveis, às vezes praticamente exclusivas, do modo como entendem os experimentos didáticos, pode ser um reflexo da ausência de discussões mais pedagógicas concernentes à experimentação durante a graduação, o que é admissível para os oriundos do bacharelado e inaceitável para os provenientes da licenciatura, mas que pode ser explicado pela presença do modelo 3+1 na formação inicial. Uma das implicações desse modelo pode ser a confusão mencionada acima entre os objetivos dos experimentos utilizados na educação superior e aqueles explorados na educação básica. Por isso, o uso pelos formadores de atividades experimentais com materiais alternativos como uma maneira de incentivar a promoção destas no ensino fundamental e médio necessita ocorrer criticamente. Uma possibilidade é agir como sugerido no segundo fragmento, isto é, com discussões relativas ao papel da experimentação, que precisam estar fundamentadas nas produções contemporâneas acerca das atividades experimentais no ensino de Ciências.

A maioria dos investigados não reconheceu as componentes curriculares integradoras como importantes na sua aprendizagem a respeito da experimentação, mas as sugerem como um espaço potencial para o estudo do assunto:

No caso dos alunos aqui da graduação, eles sempre pedem pra gente colocar uma disciplina, principalmente em que eles tivessem a oportunidade de fazer um experimento, de bolar o experimento, que eles pudessem aplicar em sala de aula. “Quer dizer a gente gostaria de ir para o laboratório, professor”, a gente fala “bom, agora eu quero ensinar o conceito de ácido-base”, então o que eu vou fazer? “Vou pegar isso, aquilo outro, vou misturar não sei o que lá”. Aí ele cria o experimento. Você não tem nada, você só tem isso, isso, isso, você precisa dar essa aula, você quer dar aula experimental, como que você faz? Eles pedem esse tipo de coisa. E a gente ainda não tem. Não fizeram nenhuma eletiva. Se fizerem uma eletiva, assim, desse tipo vão estourar as vagas, não vai ter jeito, entendeu? Mas, a gente não faz né? Agora, com a licenciatura, totalmente modificada, pode ser que a gente tenha que criar uma disciplina com essa cara (P3).

Na licenciatura eu acho que é mais fácil, você tem mais tempo pra isso né? Você pode fazer na Prática de Ensino, se você tiver a oportunidade de fazer oficinas experimentais né? Estamos falando no caso da Química, talvez da Física, que são disciplinas que permitem você fazer isso com uma certa facilidade. Então, talvez você tivesse condições de trazer o professor do ensino médio pra universidade [...] (P1).

Está implícito no primeiro fragmento o contexto atual de reformulação curricular das licenciaturas em decorrência das sugestões das “Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica” e das “Diretrizes Curriculares para a Licenciatura em Química”. Embora os documentos oficiais não tenham implicado obrigatoriamente transformações na formação docente, se percebe seus efeitos nos discursos dos professores. O pesquisado vislumbra a possibilidade de uma componente curricular unicamente sobre as atividades experimentais, o que já pode ser localizado em cursos nacionais de licenciatura em Química. Outro espaço possível para estudar a experimentação são as componentes curriculares integradoras mais “tradicionais” da licenciatura como a Prática de Ensino, como se propõe no segundo trecho. Cabe destacar, no entanto, a crítica à ideia de oficinas que estão associadas, muitas vezes, ao entendimento da prática como instrumentalização técnica (PIMENTA; LIMA, 2004).

Apesar de a monitoria não ter sido reconhecida, explicitamente, como um momento de aprendizagem das atividades experimentais na graduação, ela foi citada por um dos investigados:

E naquela ocasião existia monitoria de alunos de graduação que ajudavam nos cursos de graduação. Então, a gente como já docente, era docente em

início de carreira né? Que era um instrutor, chamado na verdade. Então, nós tínhamos alguns monitores de graduação à disposição, não só pra ajudar um pouco no laboratório a tomar conta dos alunos, eram cerca de 30, eu não lembro exatamente, 30, 36 alunos por docente em laboratório. É muito né? Mas a gente dava conta. Mas era bom ter alguém mais por causa da segurança né? Então, eram de graduação. Então, usava esses alunos de graduação para testar experimentos novos (P4).

A monitoria tem sido apontada como uma atividade relevante na constituição profissional de formadores de componentes curriculares integradoras e influente no modo como estes realizam a experimentação (SILVA; SCHNETZLER, 2005). Pressupõe-se que a monitoria também pode ser importante para futuros professores de componentes curriculares de conteúdo específico, de forma especial, quando essa atividade não se resumir a tarefas meramente “manipulativas” e orientadas pelos pressupostos da racionalidade técnica. A monitoria é uma possibilidade singular oferecida principalmente aos estudantes de bacharelado, porém, não disponível a todos que almejam a docência na educação superior, que poderiam vivenciar uma formação mais pedagógica. Isso depende, entretanto, da formação do docente responsável pela monitoria, caso contrário, o que se pode conseguir é o fomento à reprodução de práticas docentes observadas ao longo da graduação.

Assim como os bacharelados, os alunos de pós-graduação possuem poucas oportunidades de estudarem a docência e a experimentação. Uma oportunidade é o estágio de docência:

[...] quando veio essa proposta de ser estagiário no curso, foi uma oportunidade de trabalhar um pouco com a parte didática dentro do meu mestrado, depois no doutorado [...] esse programa foi instituído e as bases dele foram consolidadas com a CAPES, inclusive exigindo essa fase complementar na formação dos bolsistas dela e aí quem não é bolsista da CAPES pega carona nisso. Mas isso é muito importante, acho que pra dar uma visão do que é uma sala de aula, do que é um laboratório didático. Então, na pós-graduação eu tive essa experiência que foi importante também, não tenho dúvida, mas não tinha um enfoque ou um caráter voltado pra educação. Era uma coisa esporádica né? Uma coisa voluntária, completamente voluntária (P1).

Um mérito do estágio de docência na pós-graduação é a inserção dos acadêmicos na sala de aula. O caráter voluntário dessa atividade, destacado pelo pesquisado, para os que

não são bolsistas da CAPES mostra um limite da proposta. As contribuições de cada estágio de docência dependem muito de como este é desenvolvido, pois cada programa de pós-graduação possui suas normas para conduzi-lo. Amiúde, os pós-graduandos planejam aulas e lecionam na graduação sob a supervisão do docente da própria componente curricular. De forma análoga às monitorias, as aprendizagens dos estudantes estão vinculadas à atuação do docente como supervisor. Mas as aprendizagens sobre experimentação na pós-graduação não são endossadas unicamente pelo estágio de docência, como se pode perceber no relato de um docente:

[...] até hoje não chegaram os reagentes químicos pra minha tese de doutorado. Pra ter ideia da dificuldade. Não sei o que aconteceu com aquilo lá. Dançou. Muito difícil. Essa necessidade da gente ter que correr pra cá, correr pra lá, improvisar e tudo. E não fui só eu que fiz isso né? Porque era da época. Então, isso contribui muito pra me fazer perceber que pra fazer Ciência não precisa de tanta complicação. Eu posso fazer Ciência com coisa simples né? Com coisa simples. Então isso eu acho que contribuiu no meu desejo inclusive de passar, de uma forma talvez mais simplificada, pros estudantes que estão começando essa informação (P4).

Há um indício de que o modo de promover os experimentos científicos, aprendido em parte durante a pesquisa de pós-graduação, tem implicações na maneira de entender os experimentos didáticos. Na fala docente, aparece uma provável justificativa para o uso de materiais alternativos no planejamento de atividades experimentais, isto é, se na Ciência a experimentação não precisa necessariamente de “tanta complicação” ou sofisticação, é admissível — na forma de entender do professor — que no ensino isso também seja verdade, como ficou expresso na totalidade do seu discurso e já explorado anteriormente. Diante disso, não é um exagero supor que os docentes fazem analogias entre o seu trabalho em sala de aula e o seu trabalho na Ciência, inclusive com o conhecimento das peculiaridades de cada contexto. Portanto, torna-se necessário problematizar, se for o caso, as analogias feitas pelos professores da educação superior em relação às atividades experimentais e os experimentos dos laboratórios de pesquisa, bem como propor outras, fundamentadas pedagógica e epistemologicamente, que contribuam no processo de ensino e aprendizagem.

A interação com o orientador foi outro momento citado como importante para aprender acerca da experimentação:

O meu orientador foi [...] brilhante. Ele sempre teve assim vontade pra essas discussões, ele é um ótimo, tem uma cabeça super boa pra experimentos interessantes. Eu acho que isso foi indiscutível (P5).

O fragmento ilustra uma situação em que o orientador manifesta explicitamente um interesse na experimentação. Contudo, o desinteresse do orientador pelo assunto também tem implicações para a aprendizagem do pós-graduando, tanto quanto em casos nos quais o orientador discute as atividades experimentais. O silêncio, geralmente, favorece a manutenção dos entendimentos já arraigados no imaginário docente em torno da experimentação. De outra parte, o debate nem sempre significa um caminhar em direção a compreensões inovadoras a respeito dos experimentos didáticos, pois tal debate pode ocorrer no sentido de reforçar o já estabelecido. Em síntese, a atuação do orientador é importante na apropriação dos mestrandos e doutorandos do discurso em torno da experimentação como um conteúdo.

A docência se constitui igualmente em espaço e tempo de aprendizagens relativas às atividades experimentais:

Tem outro [experimento] [...] eu e [outro professor], a gente fazia anos que tava discutindo, ela gosta muito da parte de [conteúdo X] e eu gosto muita da parte de ensino de [conteúdo X], porque é uma das disciplinas essenciais né? E aí a gente, discutiu, discutiu, discutiu nossa! E a gente encontrou um colega, encontrou um artigo [na revista X]. “Ah, vamos fazer? Vamos”. E aí a gente inovou isso [...] (P5).

A interação com colegas docentes na instituição de educação superior foi caracterizada como uma atividade importante na proposição de experimentos. O trabalho coletivo — que às vezes se torna uma utopia, como discutiremos a seguir — é um processo relevante para realizar práticas inovadoras e para se apropriar de um discurso contemporâneo sobre as atividades experimentais.

A exploração de outros trabalhos coletivos foi citada na sugestão de um pesquisado no que diz respeito à aprendizagem da experimentação, principalmente na pós-graduação em Química:

Nós fizemos há pouco tempo aquele programa, Pró-Ciências, nós tivemos a oportunidade de fazer um curso [...] em que a gente trouxe pra sala de aula os professores [...]. Nós ficamos um ano de trabalho, aí eles vinham pro laboratório, aí eles chegavam lá tinha tudo pra eles trabalharem. Então, aquela desculpa deles “ah isso aí isso eu não sei como fazer” foi um negócio interessante, porque eles passaram a descobrir que eles poderiam propor as coisas e que eles tinham conhecimento né? Então, o colega do ensino médio, ele tem tanto conhecimento de Química quanto eu, talvez não tão específico, mas o conhecimento básico, nós temos o mesmo conhecimento, nós somos licenciados e formados igualmente. Então, eles passaram a ver que aqueles conhecimentos que eles têm estavam guardados, só precisavam vir pra fora. Foi uma experiência interessante. Então, o fato de trazer esse pessoal pra universidade, mas não supondo que a universidade é melhor que o ensino médio, mas que tem outro tipo de interesse, isso aí é um motivador interessante. E mostra para os alunos de graduação e de pós-graduação a cara dos professores, como é que eles trabalham, o que eles pensam e o que eventualmente o licenciado vai enfrentar fora da universidade, que tipo de ambiente ele vai ver, que tipo de gente ele vai encontrar [...]. Eu acho que talvez essas fossem estratégias pra implementar isso [...] não necessariamente o Pró-Ciências, mas um tipo de projeto nessa linha (P1).

A articulação entre a formação inicial e continuada de professores é entendida como salutar para seus participantes e tem sido legitimada dessa maneira pelos formadores das componentes curriculares integradoras (SILVA; SCHNETZLER, 2005). Os processos de formação que envolvem formadores, licenciandos e docentes das escolas, com a inclusão de pós-graduandos, especialmente da área de Química, podem ser uma oportunidade para esses últimos se inserirem na discussão da experimentação no ensino de forma a compreenderem, se forem formadores de professores de Química, o provável contexto de atuação dos seus alunos.

Outro formador apontou o seu envolvimento com o museu de Ciências como importante para a aprendizagem sobre experimentação no ensino:

Eu trabalhei assim, eu ajudei coordenar museu de Ciências, ajudei em algumas feiras, assim, mais dando idéias né? E aí nessas atividades é que eu comecei a perceber a importância da atividade experimental na questão do aprendizado né? Porque a atividade experimental, se ela for bem conduzida, embora ela seja localizada, ela pode te permitir investigar muitas coisas ao mesmo tempo. Quer dizer, ela não é estanque, aquela atividade que você está fazendo né? Por exemplo, numa atividade experimental, você tem um convívio muito mais forte entre os estudantes do que numa sala de aula de teoria (P3).

A aprendizagem da experimentação transcende o âmbito da graduação, da pós-graduação e da docência. A interação com outros pares, como sugere o pesquisado, pode ser um momento de apropriação de novos conhecimentos. O museu de Ciências é um lócus, que apesar de se dedicar à divulgação científica, tem uma interface com o ensino de Ciências e com a experimentação.

No período de docência, o professor pode participar também dos chamados cursos de “capacitação”:

Além da formação universitária e tal, alguns eventos que modificaram, eu fiz já como docente, às vezes com o mestrado, às vezes com o doutorado, eu fiz várias atividades de capacitação de professores né? (P3).

Embora os cursos denominados de “capacitação de professores” possam contribuir com a introdução dos docentes da educação superior em uma discussão pedagógica, são conhecidas as limitações deles quanto a aspectos como a sua reduzida carga horária e o seu caráter descontínuo. Os cursos de formação de professores foram mencionados de maneira inexpressiva entre os formadores, o que reforça o entendimento de que a formação pedagógica desses profissionais não foi privilegiada pelas políticas educacionais. O mesmo pesquisado dá um depoimento indicativo de que a apropriação de um discurso relativo à experimentação pode ocorrer antes mesmo do ingresso na educação superior e no exercício da docência:

Uma coisa que me seduziu pra Ciência foi Feira de Ciência. Isso eu tava lá na sétima, oitava série e nunca pude participar. Assim, só ia lá assistir né? Quando chegou a minha vez, não havia mais. Era o centro acadêmico da faculdade que eu fiz, que na altura começou o governo de 64 e aí foi uma derrocada total. Então, a Feira de Ciência, na época que eu estaria no ensino médio, ela desapareceu do mapa. Foi uma coisa assim que me chamava atenção né? A experimentação me chamava a atenção nessa época, que foi o que me seduziu pra ir pra essa área de Ciências e coisa desse tipo (P3).

Não surpreende o fato de se mencionar o período da educação básica como influente na futura profissão. Isso foi identificado por Silva e Schnetzler (2005) entre formadores de professores de Química atuantes nas componentes curriculares integradoras. Para eles, as atividades experimentais foram marcantes nessa fase educacional.

Em síntese, o ensino e a aprendizagem da experimentação como um conteúdo no desenvolvimento profissional dos formadores não tem um lugar único, conforme o entendimento dos próprios pesquisados. Entre os espaços e tempos reconhecidos pelos docentes estão: as aulas com atividades experimentais nas componentes curriculares de conteúdo específico e a monitoria nessas componentes; as componentes curriculares integradoras; o estágio de docência na pós-graduação; o desenvolvimento de experimentos no laboratório de pesquisa; a interação com o orientador na pós-graduação; a docência na graduação; a participação em processos de formação docente que envolvem formadores, licenciandos, pós-graduandos e professores da escola; os museus de Ciências; cursos de formação docente e até mesmo a educação básica, na condição de um espaço e tempo para realização de experimentos.

Situações-limite: a coletividade e a cumplicidade reprimidas

Houve sinalização explícita de carência de ações coletivas e de cumplicidade entre os próprios docentes da educação superior, bem como entre estes e os seus estudantes, como um problema para o desenvolvimento de atividades experimentais com características que eles julgam serem inovadoras. Um dos pesquisados mencionou:

[...] há grandes dificuldades pra você colocar alguma proposta, vamos dizer, um pouco diferenciada. Tem que ser um grupo, assim, de colegas seus que tem certa afinidade, assim, particular, individual com você [...]. Mas, se você não tem essa afinidade e você vai repartir uma disciplina geralmente fica o tradicional. Ou no máximo a pessoa fala: “então você faz do seu jeito a sua parte e eu faço do meu jeito” (P3).

O fragmento acima é um exemplo da dificuldade de aproximar professores de uma mesma área para planejar ações que sejam testemunho de uma visão de educação compartilhada. Embora os docentes se reúnam para planejar em conjunto uma componente curricular, é prevacente uma cultura individualista. Zabalza (2004) salienta que a receptividade à cultura individualista na educação superior colabora para o estabelecimento da docência como um “território privado”, e uma consequência disso pode ser o desenvolvimento de aulas “empobrecidas”. Para o autor, as propostas de formação docente aos profissionais da educação superior precisam considerar a cultura individualista para

entender as resistências a essas propostas. Em face disso, acrescentamos a importância dos processos formativos tomarem como um dos seus conteúdos o combate à fragmentação implícita no trabalho individualizado, com vistas a enfrentar esse modo de trabalhar. Isso não significa remeter a um desrespeito às opções pedagógicas dos professores e ao convívio com as diferenças, pois o que se reivindica é o acesso a conhecimentos novos e às condições de apropriação destes pelos profissionais.

Se há dificuldade de diálogo entre os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico, não seria exagero supor dificuldade semelhante entre estes e os formadores das componentes curriculares integradoras ou, mais especificamente, os pesquisadores em ensino de Química, como ressaltou o mesmo pesquisado:

Eu tenho tentado alguns contatos na área de educação na SBQ né? Mas é um contato também pouco ténue né? Que ele ocorre nos encontros ou no encontro de ensino, quer dizer a pessoa aparece né? Mas, a gente tem alguma dificuldade em fazer, vamos dizer, um entrosamento com quem que é da área de educação né? A gente consegue conversar, mas é difícil a gente chegar num acordo ou fazer um trabalho conjunto, entendeu? Quem tem feito um trabalho um pouquinho mais aproximado é o [professor X com o professor Y] que é da educação [...]. Mas eu, por exemplo, eu tenho muita dificuldade da conversa com os educadores né? E boa parte tá nessa fala minha aí. Quer dizer, é a gente olhar mais a Ciência e eles olham mais a parte do ser humano né? Quer dizer, o objeto de investigação é um objeto diferenciado né? Quando eles têm alguma proposta que envolve alguma coisa de Química, normalmente é uma coisa, assim, que é muito ténue né? É uma proposta que do ponto de vista de conteúdo, assim, é uma coisa bem elementar né? Quer dizer, o objetivo tá atrás daquilo lá né? Enquanto que o nosso é uma proposta, uma diferenciação; olha se eu fizer isso aqui será que melhora? É uma ferramenta que a gente tenta desenvolver para o professor. É uma atividade diferenciada, é um texto diferenciado, diferente daquilo que tá no livro-texto convencional, basicamente isso daí (P3).

A dificuldade de interação entre os docentes das componentes curriculares integradoras e os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico pode ser interpretada nesse caso com base na epistemologia fleckiana. Ou seja, pode-se afirmar que não há uma confiança do círculo exotérico (docentes das componentes curriculares de conteúdo específico) no círculo esotérico (docentes das componentes curriculares integradoras/pesquisadores em ensino de Química), o que dificulta a circulação intercoletiva. Portanto, o fato de ambos os profissionais compartilharem considerável

número de conhecimentos teóricos e práticos é insuficiente para a efetividade da circulação intercoletiva.

A falta de cumplicidade entre professor e alunos também foi mencionada em relação ao desenvolvimento das atividades experimentais:

Infelizmente, o professor é pressionado por certa direção, isso é geral, e muitas vezes não tem tempo de fazer isso. Quando você tem uma turma de 80 alunos, por exemplo, fazer isso é muito complicado. Até dá pra fazer um pouco, mas é complicado pelo desgaste que o professor tem, com 80 alunos tentar fazer isso e pela própria resistência dos alunos que vêm de um ensino secundário, pré-universitário distorcido e grande parte deles resiste a essa mudança. Eles têm sempre o desejo que você passe, jogue informações pra eles captarem, decorarem né? E tentarem reproduzir (P4).

Conforme destacamos anteriormente, a resistência dos alunos pode ser, às vezes, um germe do temor dos professores de transformarem a sua prática pedagógica (FREIRE; SHOR, 1986). A resistência discente pode ser explicada, em parte, pela sua história escolar, pois não é um exagero imaginar que provavelmente a perspectiva tradicional de educação, que a entende como transmissão e recepção de conhecimentos, foi hegemônica. Logo, uma transformação na atuação docente pode provocar inseguranças e/ou estranhezas entre os alunos. Os estudantes, em certas situações, facultam a sensação de não aprendizagem, inclusive por terem uma visão de aprendizagem diferente daquela do professor. A cumplicidade entre os docentes no compartilhamento de uma visão sobre a experimentação poderia ser uma maneira de enfrentar com maior pujança a resistência dos graduandos acerca das inovações.

Portanto, os formadores expressaram cenários que interpretamos como situações-limite relativas à coletividade e à cumplicidade. A ausência de um trabalho colaborativo entre docentes das componentes curriculares de conteúdos específicos e entre estes e os pesquisadores em ensino de Química é um problema para a promoção de atividades experimentais em harmonia com um discurso mais contemporâneo a respeito desse assunto. Essa ausência pode contribuir para a resistência discente à realização de experimentos dissonantes com a perspectiva da pura ilustração, por meio de roteiro estruturado, da teoria estudada previamente. Enfim, a “impermeabilidade” às inovações concernentes às

atividades experimentais pode ser uma característica tanto dos docentes quanto dos discentes.

Situações-limite: a pesquisa em detrimento da docência

A docência foi apontada, de forma paradoxal, como uma atividade minimamente valorizada nas instituições de educação superior. A pós-graduação em Química, na condição de nicho legalmente reconhecido da “formação” de professores “universitários”, foi identificada como pouco influente no estudo da docência no ensino de Química e, por conseguinte, da experimentação:

[...] os programas de pós-graduação têm objetivos muito específicos em termos da produção científica. Existem poucas iniciativas, embora exista a obrigatoriedade da CAPES né? Com relação à prática de estágio docente (P5).

A pós-graduação em Química tem se destacado no País pela grande quantidade de mestres e doutores formada anualmente (DE ANDRADE *et al.*, 2004). Isso é fruto do trabalho de uma comunidade consolidada no âmbito da pesquisa e assim precisa continuar. Mas, de modo geral, essa comunidade não tem investido em iniciativas próprias, favorecedoras, do ponto de vista pedagógico, do desenvolvimento profissional dos professores de Química na educação superior. O estágio de docência, realizado nos programas de pós-graduação em Química, é uma exigência da CAPES, que é um órgão governamental. É por intermédio de exigência governamental que a docência pode começar a ser pontuada como um conteúdo da pós-graduação *stricto sensu*, como assinalou outro investigado:

[...] agora com as notas mais altas aí nos concursos né? Então a questão da prova didática tá começando a pesar né? E ela tá sendo muito importante. Então, eu acredito que com o tempo nós venhamos a adotar essa capacitação também do nosso aluno na forma de ensinar né? Porque, antes não valia quase nada, mas agora todos os concursos que você pega tá lá né? Vale pelo menos 25%. Então, tem um peso já razoável né? E é muito ruim você preparar um aluno aqui, com todos os recursos científicos, e o cara vai dar uma aula lá e quando chega nas coisas fundamentais, pisa na bola de todo lado. “Mas, de onde que você veio né? Pô você não aprendeu

esse troço aí!” [...]. Mas, o aluno, nosso aluno da pós ele deveria passar por essa capacitação também né? Não é pegar entrar aqui na rede, pegar vinte artigos e montar um seminário e apresentar. Aula é outra coisa, certo? Aula você vai pegar um cara lá que nunca ouviu falar nada daquilo lá (P3).

No relato do formador está implícito um reconhecimento da insuficiência do estágio de docência, requisitado aos bolsistas da CAPES, para a aprendizagem sobre ser professor e da experimentação no ensino de Química. Apesar de as provas didáticas nos concursos públicos fomentarem o estudo sistemático de assuntos relacionados ao ensino de Química é preciso considerar a natureza das bancas avaliadoras dessas provas. O fato de seus membros estarem em sintonia com o discurso contemporâneo a respeito do ensino de Química é determinante para, por exemplo, filtrar os entendimentos de ensino e aprendizagem como transmissão e recepção de conteúdos.

O período da docência parece mais incólume às discussões pedagogicamente fundamentadas:

Eu acho, assim, que se eu fizer pelo Instituto de Química e por aquilo que eu conheço, quase todos os professores da universidade, quase todos os professores universitários, não vou dizer que são todos, tiveram uma formação em Química dura. Nós nunca fomos capacitados pra ser docente. E o nosso norte, pelo menos nas instituições públicas, o nosso norte é a pesquisa. Quer dizer, todos os parâmetros, tirando algumas áreas, a educação e tal, mas tô dizendo, assim, no lugar de Ciência dura mesmo né? Todos os critérios de promoção, de reconhecimento, a grande maioria, passa pelo o que você faz na pesquisa. Você pode fazer uma pesquisa em ensino também, que é o que a gente tá tentando fazer aqui (P3).

O desequilíbrio exacerbado entre ensino e pesquisa nas instituições de educação superior é um contrassenso aos objetivos legais atribuídos a esse nível de ensino. Porém, tal desequilíbrio concreto possui uma coerência, identificada pelo próprio formador, isto é, as vantagens ao longo da carreira docente estão vinculadas à produção na pesquisa. Se a docência já não é o atrativo, para parte dos professores, ao ingresso nas instituições de educação superior, em face dessa desvalorização é verossímil a permanência de certa inércia em relação à apropriação de conhecimentos contemporâneos sobre o ensino de Ciências. Se as investigações em ensino, como sugerido no fragmento, outorgassem o mesmo prestígio da pesquisa em Química aos docentes, se poderia acreditar nesse caminho

como um modo de favorecer as aprendizagens acerca, por exemplo, da experimentação. Todavia os órgãos avaliadores da pós-graduação em Química não têm procedido de forma a valorizar as investigações em ensino em tal pós-graduação. Essa admissão de que o incentivo à pesquisa em detrimento da docência ultrapassa as fronteiras institucionais é reforçada, tacitamente, por outro pesquisado:

Então, do jeito que tá a Ciência forçando o pesquisador a certo desempenho, que muitas vezes é artificial, prejudica demais o ensino. Então, pra você conseguir convencer o colega que ele precisa dedicar certo número de horas, muitas vezes até um número significativo de horas, visando à melhoria do ensino. Isso, eu acho que hoje não teria efeito nenhum (P4).

A avaliação externa da pós-graduação com base em determinados critérios tem colaborado para a vertiginosa produção na pesquisa em Química. Sem negar a relevância da pesquisa, inclusive no desenvolvimento profissional do formador, a dedicação acentuada a ela é paradoxalmente um problema concreto para a docência. Uma tentativa de promover um processo de formação docente com os formadores exigiria um tempo conflitante com a dedicação aos programas de pós-graduação, dado que a maioria das pesquisas nas instituições públicas de educação superior está ligada a esses programas. Logo, a superação do modo de avaliar a pós-graduação, separada do ensino de graduação, é um desafio a ser assumido.

Depreende-se, então, que os formadores descreveram um contexto que caracterizamos como situações-limite relacionadas à valorização da pesquisa em detrimento da docência e que dificultam a apropriação do discurso educacional, mais especificamente da experimentação no ensino de Química. Tal valorização está presente, de acordo com os investigados, na pós-graduação e ao longo da docência, com o endosso das instituições de educação superior e de órgãos externos de avaliação, especialmente da pós-graduação. Portanto, o modelo de organização institucional não influencia somente no desenvolvimento do experimento, como mencionado anteriormente na referência à separação das componentes curriculares em “teóricas” e “experimentais”, mas na própria disseminação dos conhecimentos sobre as atividades experimentais.

Situações-limite: aprendizagens pouco fundamentadas nos conhecimentos oriundos das pesquisas em ensino de Ciências

Os formadores revelaram aspectos das suas aprendizagens sobre experimentação que parecem ser derivados de um cenário de pouco prestígio aos conhecimentos teóricos produzidos pela pesquisa em ensino de Ciências e em educação. Tal “desprestígio” está relacionado a outro mencionado anteriormente, isto é, a mínima valorização do ensino diante da pesquisa. É um cenário que inclui nomeadamente a graduação, a pós-graduação e a docência. Um docente expõe a importância da vivência de experimentos, sobretudo na graduação, para a aprendizagem a respeito de como desenvolvê-los:

Eu acho que tradicionalmente a grade curricular de graduação tem um grande percentual de disciplinas experimentais, e isso é saudável, e na pós-graduação isso diminui bastante e os experimentos acabam tendo um caráter mais demonstrativo. [...] se ele tiver um pouco de noção da parte experimental eu diria que como professor ele consegue ensinar melhor. Então, como químico analítico eu posso trabalhar em espectro analítica, mas se eu tiver no passado tido contato com condutometria, polorografia, voltametria; como professor eu conseguirei ensinar melhor essas técnicas, porque [...] eu sei quando que um capilar entope, eu sei como fazer pra desentupir. E isso dificilmente alguém sabe simplesmente lendo um bom livro de análise instrumental, por exemplo (P2).

É provável que a maioria dos formadores investigados não tenha participado durante a graduação de discussões sistematizadas em torno da experimentação, como fica exposto em outros depoimentos: “Eu não me lembro de nenhuma disciplina do curso de licenciatura ter discutido o papel da experimentação no ensino” (P5). Essa ausência de discussões pode justificar a ênfase dos pesquisados na realização de experimentos em componentes curriculares de conteúdo específico como o momento de aprendizagem da experimentação. O contexto histórico em que fizeram a graduação era marcado fortemente pelas influências da racionalidade técnica e, por isso, cursavam poucas componentes curriculares sobre o ensino de Química: “[...] eu tive, acho que, quatro disciplinas relativas à licenciatura né?” (P3). Em outras palavras, os cursos que os formadores frequentaram se baseavam possivelmente no modelo 3+1 de formação inicial. Embora tivessem o privilégio de estudar conhecimentos disseminados na literatura em ensino de Ciências acerca das atividades experimentais na licenciatura, é imaginável que tal oportunidade pudesse ser balizada por

abordagens como a da descoberta, pois os efeitos dos projetos norte-americanos (*Chemical Education Material Study — CHEMS*) e ingleses (cursos *Nuffield*) parecem ter perdurado. Soma-se a isso o fato de que, até o final do século passado, o quadro de doutores em ensino de Química era significativamente reduzido no Brasil (SCHNETZLER, 2002), portanto, desfavorável a tratamentos em consonância com os conhecimentos contemporâneos a respeito da experimentação no ensino de Ciências. A desvalorização das teorias produzidas por meio das investigações para a análise da docência e da promoção das atividades experimentais em sala de aula permanece, de forma presumível, na pós-graduação em Química:

Nós não tivemos na pós-graduação, por exemplo, nenhuma capacitação pra ensinar. E que é o que eu me debato aqui que eu acho que devia ter. A gente tem feito algumas coisinhas, mas a gente devia ter alguma disciplina do cara entrar lá na sala de aula, a gente filmar, a gente assistir, discutir, ver todos os pontos né? Bem ou mal, aquilo que a gente sabe a gente poderia compartilhar com esse estudante. Abaixar a adrenalina né? Os melhores programas que a gente tem aqui são os programas [...] que são os estudantes de graduação e pós que entram com a gente em sala de aula. Às vezes dá aula, às vezes assisti, às vezes corriji, dá prova, conversam com os alunos, essa é a melhor formação que o cara tem. Os que não fazem isso, não fazem mais nada [...]. A gente deveria ter e eu não digo que é lá na Educação, ela pode ser aqui. Mas, já dentro da sala de aula, junto com o professor. Eu falo lá: “você vai dar quatro aulas no semestre, tal dia, tal dia, de tal assunto, o resto você vai assistir, vai se preparar e você vai fazer isso daí, vamos filmar, vamos ver sua aula; por que você usou o quadro desse jeito? Nessa hora, por que você ficou desse lado e não do outro? Por que você não olhou no olho do cara? Por que você falou só com esse cara?” (P3).

Acho que quase todos os docentes que atuam nas universidades, nos cursos de Química, aprenderam dando aula. E isso não é a coisa mais simples do mundo né? Porque alguns anos atrás tu tinhas tempo de aprender dando aula, agora você quando é contratado tem que dar aula, você tem que estar publicando muito, você tem que estar levantando muitos fundos, muitos investimentos, é tudo ao mesmo tempo agora. Então é muito mais difícil né? Eu acho que esses programas [de estágio de docência], mas felizmente esses programas existem em várias universidades que eu conheço, eu acho que é uma questão de fazer um bom uso desses estágios, eu acho que já vale muito a pena (P5).

O enaltecimento dos formadores aos estágios de docência na pós-graduação se baseia em uma despreocupação desse nível de ensino com a formação de professores.

Muitos docentes das instituições de educação superior não foram submetidos a processos formativos, a exemplo do estágio de docência. Ou seja, conforme revelam os investigados não havia uma formação, nem com ênfase na prática, nem na teoria vinculada aos resultados de investigação. O modo como esses sujeitos parecem entender, hoje em dia, a docência na formação dos mestrandos e doutorandos reforça uma visão mais centrada na “prática” do que na articulação explícita entre prática e “teorias educacionais”. Tal visão pode ser consequência do entendimento corrente de estágio como a parte “prática” do curso (PIMENTA; LIMA, 2004). Essa compreensão de estágio é, ao mesmo tempo, causa e efeito de como é realizado o estágio de docência na pós-graduação, isto é, com ênfase na “prática”. Contudo, cumpre notar que as práticas docentes também não ocorrem no “vácuo teórico”, pelo contrário. Não raras vezes, são orientadas por um conhecimento que expressa um senso comum pedagógico. É provável que tenham influência dos estágios desenvolvidos nos cursos de graduação, não somente de licenciatura. A limitação dos estágios de docência fica explícita no depoimento de outro professor:

Eu fiz a graduação [no município X] lá a gente seguia esse tipo de padrão, sempre funcionou. Então, ao longo dos anos a gente foi mantendo esse padrão, tem resultado e a gente adaptou um pouco né? Esse final, essa discussão final é uma coisa que ao longo do tempo a gente resolveu colocar, por causa dessa vontade de ir embora. Então eles sabem que não adianta ir embora [...]. Então, a gente tem essa tradição de fazer isso há muito tempo. Depois quando eu vim pra cá eu fui monitor, um desses monitores [da pós-graduação], eu fui isso há 20 anos [...]. Mas é isso aí, é como o estágio docência nas outras universidades. Eu fiz isso, só que não era remunerado naquela época e nem era exigido pela CAPES. E a gente trabalhou desse jeito, então. É mais ou menos um padrão de trabalho que vem da [instituição L] isso, dos velhos tempos. E a gente só adaptou algumas coisas, mas funciona (P1).

O formador descreve uma situação de estágio de docência pouco favorecedora da problematização das atividades experimentais, pois apesar dos conhecimentos produzidos pelas pesquisas em ensino de Ciências acerca da experimentação, a maneira de desenvolvê-las na graduação é praticamente perpetuada pela pós-graduação. Por isso, interpreta-se o estágio de docência, da forma como foi relatado, como um problema. É uma atuação em sala de aula desacompanhada de uma reflexão teórica fundamentada nas investigações concernentes ao ensino de Ciências Naturais. Isso pode justificar o porquê do modo de

realizar experimentos em uma determinada área da Química perdurar, mesmo quando a pós-graduação “incentiva” o estudo sobre ser professor. A compreensão de estágio como um momento de “imitação de modelos” prevalece nessa ocasião, porém, suas limitações conhecidas têm efeitos como o exposto acima: não dispor aos estudantes ferramentas teóricas para analisar criticamente as práticas às quais são submetidos (PIMENTA; LIMA, 2004). Isso não significa, no entanto, que não analisem a maneira de ser dos seus professores. Pelo contrário, interpretam-na com os seus conhecimentos, mas que não obrigatoriamente estão em sintonia com aqueles produzidos pelas pesquisas no campo educacional.

As raras oportunidades de uma formação pedagógica durante a docência reforçam a prática em sala de aula como imitação de modelos e, por conseguinte, o fomento à reprodução de experimentos:

Eu acho que, primeiro, vamos dizer, há uma acomodação histórica né? Então, por exemplo, quando eu fui contratado aqui [...] então, alguém chegou pra mim e falou: “você quer ser contratado”? Quero. “Então, você tá contratado. Bom amanhã você vai dar aula”. Mas, do que? “Ah, de tal coisa”. Aí você vai lá. Mas, o que tem lá? “Tá tudo pronto lá, você pega e faz”. Aí você vai lá repete aquilo lá. Aí chega no outro ano, você fala: bom o que nós vamos fazer? Vamos fazer a mesma coisa. Tá dando certo é isso aí mesmo. Então, aquilo vai meio que na inércia, certo? Aí, por exemplo, alguém coloca num livro, por exemplo, livro de Instrumental, coloca lá um experimento diferente que ele pegou numa revista de Química voltada para o ensino, ele adaptou e colocou lá. Aí o pessoal passa a adotar (P3).

Esse contexto de mínimo incentivo à formação pedagógica favorece que o professor se apóie fortemente nas propostas de experimentos dos livros de suas componentes curriculares. Contudo, há uma variedade de sugestões de atividades experimentais nos periódicos nacionais e internacionais que também pode ser explorada pelos formadores. Se os docentes realmente não interagem com as revistas, é preciso refletir sobre as causas desse problema. A acomodação histórica, mencionada pelo investigado, apesar de não poder ser generalizada, é uma das possíveis causas do problema. Essa acomodação histórica pode estar relacionada com a não identificação dos experimentos realizados na graduação

como um problema, e isso necessitaria se configurar, portanto, em um tópico nos processos formativos.

Com base no exposto, interpreta-se que o desenvolvimento profissional dos formadores investigados ocorreu em um contexto no qual a aprendizagem acerca da experimentação no ensino de Química parece que não se fundamentou nos resultados de pesquisas no ensino de Ciências relativas a esse assunto. A graduação, caracterizada pela racionalidade técnica e em um momento histórico em que a pesquisa em ensino de Química ainda era incipiente, pouco explorou a experimentação como um conteúdo de ensino. A pós-graduação, apesar de iniciativas como o estágio de docência, não se baseia igualmente nas contribuições das investigações em ensino de Ciências para fundamentar as aprendizagens dos mestrandos e doutorandos a respeito da experimentação. Esse cenário colabora para a docência se constituir em uma atividade alicerçada na “imitação de modelos pedagógicos”.

Situações-limite: o texto de experimentação disseminado

Embora os textos concernentes à experimentação não tenham sido problematizados fortemente pelos formadores, parte deles apontou certas características nos artigos com propostas de atividades experimentais que nos levaram a entendê-los como integrantes de uma situação-limite. A causa dessa situação-limite pode estar na formação dos autores:

Então, eu acho, como tá escrito aqui, eu colocaria talvez algum guia de discussão de como o professor poderia abordar esses experimentos né? Às vezes a gente, no escrever, também tem cometido esses erros né? Mas, porque a gente não escreve no “eduquês” né? Escreve a Ciência que a gente, às vezes, pensa que tá escrevendo ao colega que trabalha no mesmo ramo que a gente né? Então, eu acho que precisaria aclarar algumas coisas aqui, principalmente, eu já falei dos mecanismos de reação, eu acho que um guia de discussão com os alunos. O que você gostaria que os alunos de fato enxergassem no experimento. Mas, tem que ir sempre deixando a Química de lado (P1).

O formador reconhece as sugestões de experimentos na literatura como minimamente endossadas no discurso contemporâneo sobre experimentação no ensino de Química. Isso pode estar relacionado com a formação docente, na qual, como exposto

previamente, a discussão teórica a respeito das atividades experimentais é pouco valorizada. A divulgação das propostas de experimentos com tais características nas revistas parece não ser problematizada, do ponto de vista pedagógico, pelos pareceristas:

É um experimento com roteiro totalmente estruturado. Ou seja, antigamente se dizia um livro de receitas né? Uma receita pronta. Então, nesse sentido ele é um experimento estruturado, inclusive o autor, ele coloca quantidades específicas pro aluno pesar e triturar e fazer. Não sei se na síntese, especificamente se houver variações no que isso aí implicaria né? Numa vertente mais moderna, se o autor quisesse transformar esse artigo numa coisa de maior investigação, ele poderia propor que o estudante utilizasse, por exemplo, quantidades em aberto. Ele poderia amarrar, por exemplo: “olha desde que você obedeça a uma determinada relação entre tanto e tanto, você pode ficar à vontade”. Aí, quer dizer, acabaria explorando muito mais o trabalho né? Agora esse tipo de roteiro ele encontra, não o que tá publicado, mas esse que eu tô dizendo que ele poderia usar, ele encontra um pouco mais de dificuldade em ser aceito na revista. É preciso um convencimento maior dos *referees* pra você colocar um roteiro experimental ou um experimento com o formato um pouco mais em aberto né? Então, esse aspecto tem isso daí (P3).

A passagem acima permite interpretar que as características de uma proposta de atividade experimental são compartilhadas pelo(s) o(s) autor(es) e seus destinatários. O fato de os pareceristas não obrigatoriamente terem se apropriado das discussões atuais relativas à experimentação é uma situação-limite na disseminação de experimentos em consonância com essas discussões. É provável que os pareceristas sejam docentes das componentes curriculares de conteúdo específico: “A maior parte da referagem é feita por alguém da área dura” (P3). Assim como os proponentes dos artigos, possivelmente, os pareceristas não vivenciaram processos formativos que contemplassem o diálogo acerca da experimentação. Esses aspectos mostram como a comunidade acadêmica, às vezes, é pouco “permeável” às inovações. Ao considerar que todo texto tem um destinatário (BAKHTIN, 2003), o(s) autor(es) precisa(m) vislumbrar não somente os leitores, mas também os pareceristas, e isso pode influir na organização do artigo, de maneira que não expressem, fielmente, as ideias do(s) seu(s) elaborador(es). De outra parte, o problema identificado pelos investigados na disseminação dos artigos com sugestões de experimento não impede, em absoluto, a proposição de atividades com discursos importantes de serem considerados no planejamento de atividades experimentais. Esse é um indicativo da literatura

(GONÇALVES; MARQUES, 2006) que relata pesquisas sobre propostas de atividades experimentais em periódicos educacionais. O mesmo professor acrescenta:

E pra falar a verdade, década de 70, a experimentação era aquele troço quadrado mesmo, não tinha nuances, assim, assado, não, era tudo uma coisa só. Você pega aí as revistas da década de 70, você vê nos roteiros experimentais: 5L disso com 30 daquilo, não sei que lá. Não tem periculosidade, não tem perigo, não tem nada, entendeu? Não tem nada. Então, essa modificação, o movimento, isso começou no fim dos anos 80, né? Essa Química mais verde, ambiental, depois caro, né? As coisas começam a ficar caras, o cara começa a ficar esperto, né? Bom, espera aí, se precisa 2L aqui, tô ferrado, né? E aí é que começam essas modificações, né? (P3).

As revistas possuem um papel relevante na circulação inter e intracoletiva (FLECK, 1986). Até meados da década de 1990, havia poucas revistas em ensino de Ciências no País e, embora sejam insuficientes por si só para promoverem transformações nas práticas docentes, estas cumprem um papel relevante na disseminação de inovações educacionais e de conhecimentos novos. As investigações nessa área também são relativamente recentes, apesar de, já na década de 70 do século passado, se ter relevantes inovações no ensino de Ciências, a exemplo dos famosos projetos norte-americanos e ingleses. Esse contexto influenciou provavelmente na aprendizagem dos formadores. Porém, a inclusão de discursos inovadores, como o de uma “Química mais verde” não tem sua gênese nas discussões educacionais. A Química Verde, por exemplo, tem influenciado a proposição de atividades experimentais com a minimização de resíduos. Outra influência, como expõe o investigado, está vinculada a questões econômicas.

Além dos periódicos, os livros de Química utilizados na graduação podem contribuir pouco para a realização de experimentos inovadores:

Mas, dificilmente num livro que é a maior fonte de, vamos dizer assim, de inspiração pra maioria das disciplinas, você tem um roteiro com uma proposta totalmente nova. A maior parte dos livros-texto ela tem um roteiro estruturado. Então, assim, as pessoas acreditam que elas aprenderam daquele jeito, os livros estão retratando daquele jeito, então esse é o melhor jeito de fazer. Então, tem essa crença, a gente acredita em muita coisa (P3).

Os livros utilizados na educação superior têm uma função não desprezível na circulação inter e intracoletiva. Mas há uma “situação-limite”, relacionada a essas ferramentas, isto é, parecem não “incorporar” o discurso atual acerca da experimentação. De modo análogo ao que acontece com as propostas de experimentos das revistas, há uma verossimilhança na hipótese de que a organização dos livros de Química para a educação superior seja influenciada pelas editoras. Isso significa que, apesar de possíveis esforços do(s) autor(es) em inserir experimentos em harmonia com as discussões contemporâneas em ensino de Ciências, não obrigatoriamente isso sucede nos livros. O investigado aponta tacitamente ainda a necessidade de repensar a hegemonia dos livros no processo de planejamento da experimentação. De certa forma, ele reconhece que, embora haja situações-limite envolvidas na proposição de experimentos divulgados nas revistas, tais experimentos podem representar um avanço em relação ao estabelecido.

Em suma, formadores destacam problemas na elaboração e disseminação de propostas de atividades experimentais para a educação superior em Química. Um aspecto sinalizado é a não “incorporação”, às vezes, do discurso contemporâneo da experimentação nas propostas publicadas nos artigos. De acordo com os investigados a não “incorporação” pode ser fruto da pouca aceitação dos pares de sugestões inovadoras de experimentos. Essas sugestões, segundo os formadores, raramente estão presentes nos livros destinados à educação superior em Química.

A modo de conclusão

A identificação em um mesmo professor de visões epistemológicas diferenciadas referentes ao modo de entender os experimentos na Ciência e no ensino mostra certas contradições que precisam ser exploradas nos processos formativos por meio da problematização, conforme a tese defendida. As situações-limite presentes na circulação inter e intracoletiva em torno da experimentação também necessitam ser objeto de estudo e enfrentadas através de uma “tomada de consciência”, na qual está subentendida igualmente a necessidade da problematização.

É importante afirmar que, de acordo com Freire (2005), o inédito viável vislumbrado no afrontamento da situação-limite pode ser, para muitos sujeitos, uma

situação-limite a ser evitada. No caso da experimentação, possivelmente haverá grupos de sujeitos que veem como situações-limite, por exemplo, os estudos sistematizados sobre as atividades experimentais nos programas de pós-graduação *stricto sensu* em Química. A categoria “situações-limite: a pesquisa em detrimento da docência” abordada no texto analítico é um indicativo de o porquê tal estudo se caracterizar como uma situação-limite. Em outras palavras, estudar a experimentação no ensino de Ciências Naturais é uma situação-limite para determinado grupo, pois se configura como um obstáculo — ainda que venha a ser superado — ao envolvimento integral na pesquisa em Química. Por outro lado, a dedicação fortemente acentuada à pesquisa se constitui, do mesmo modo, em obstáculo. No entanto, é um obstáculo à aprendizagem a respeito da docência e da experimentação. Para melhor entender a caracterização das situações-limite exploradas no texto analítico, reitera-se a acepção de situação-limite segundo Freire (2005), isto é, estas se caracterizam pela sua dimensão histórica e concreta de determinada realidade e por se mostrarem como obstáculos ou freios para os indivíduos. Para os sujeitos que desvalorizam o ensino, o desequilíbrio exacerbado entre ensino e pesquisa, favorável a essa última, é algo a ser mantido nas instituições de educação superior, aspecto que dificulta as aprendizagens de conteúdos relativos à docência de modo geral. Em suma, as ações que procuram concretizar o inédito viável, provavelmente, são acompanhadas de outras promovidas por sujeitos com o intuito de conservar as situações-limite que os beneficiam.

Atingir o inédito viável depende de um processo educativo dialógico, como o que defendemos aqui. Para que o inédito viável deixe de ser algo “inédito” e se torne a concretização do que era inviável, apostamos na presença da problematização. Por isso, retomamos a tese inicial de que para transformar o cenário da experimentação no ensino de Ciências na educação básica é necessário problematizar a experimentação não somente na formação inicial de professores, mas, igualmente, no exercício docente e no desenvolvimento profissional dos formadores de professores, especialmente daqueles atuantes nas componentes curriculares de conteúdo específico. Contudo, esse é um processo que não está dado e aprender a desenvolvê-lo é o desafio a ser assumido. Enfim, consideramos que a partir do exposto se contribuiu para reforçar a tese defendida.

A experimentação na ótica de pesquisadores em ensino de Química que formam professores

Discutem-se a seguir as categorias organizadas a partir da análise das entrevistas com os formadores das componentes curriculares integradoras. Há categorias idênticas àquelas exploradas na análise das entrevistas com os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico, o que possibilita, portanto, comparações. As categorias foram: circulação inter e intracoletiva acerca da experimentação; situações-limite; contradições acerca da experimentação; a abordagem da experimentação relacionada com a história e a epistemologia da Ciência; o movimento contra-hegemônico em relação aos experimentos ilustrativos; conhecimentos sobre a experimentação: permanências e transformações; o espaço de atuação do futuro professor e do químico; e o conhecimento inicial dos licenciandos sobre a experimentação.

A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: espaços e tempos

Assim como os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico, os docentes das integradoras narraram espaços e tempos para a aprendizagem acerca da experimentação no ensino. As componentes curriculares de conteúdo específico foram um dos espaços mencionados:

Tanto que a experimentação tá presente também nas disciplinas de conhecimento específico. Quer dizer, só que ali está vivenciando os experimentos. Mas, quando ele vivencia os experimentos, ele tá vivenciando uma metodologia também. Se o professor é mais diretivo ele tá vivenciando uma metodologia de experimentação mais diretiva. Se o professor é mais aberto também né? Então, ali a experimentação precisa ser trabalhada de um modo mais prático. Então, eu acho que a experimentação transversaliza todo o curso (P9).

Eu trabalhei uma vez com a disciplina [B] que é a Química Geral do curso da licenciatura e trabalhei com a parte teórica e prática. E nessa disciplina a gente fez um trabalho bem interessante, porque a gente tentou trabalhar a disciplina com esses dois enfoques que eu havia te comentado antes né? De que o aluno deve aprender Química, deve aprender a manipular vidraria, preparar solução, tudo isso que são atividades do químico, mas tentando já dar pra eles um enfoque investigativo de como é que esses futuros professores, estavam começando o curso, como é que eles poderiam trabalhar a experimentação né? Então, desde o início a gente

tentando mostrar pra eles como é que eles aprendem Química, aprendem as práticas né? Mas, como é que eles veem essas práticas numa perspectiva de ensino (P10).

O modo de desenvolver experimentos nas componentes curriculares de conteúdo específico é visto pelos formadores das componentes curriculares integradoras como uma maneira de ensinar a respeito da experimentação, independentemente da opção explícita de ensinar ou não esse conteúdo da formação de professores. Quando esses formadores têm a oportunidade de atuar nas componentes curriculares de conteúdo específico, procuram enfrentar, como se destacou no segundo fragmento, a “dicotomia” entre a formação pedagógica e a formação em conteúdos específicos. Essa intenção não foi citada claramente pela maioria dos professores das componentes curriculares de conteúdo específico e, portanto, constitui-se em uma diferença na maneira de os formadores conceberem a realização de experimento na licenciatura. As componentes curriculares integradoras foram outro nicho relatado pelos formadores:

E aí é que eu até posso lembrar-me de uma situação que a gente vinha discutindo há poucos dias né? Em que no âmbito de um componente que eu vou chamar de “Instrumentação do Ensino de” os licenciandos estavam aprendendo conteúdos importantes pra ensinarem depois no ensino médio com experimentos importantes né? [...]. Então, é um espaço em que nós levamos “slides” lá né? Sobre concepções mesmo diversas que a gente encontra na literatura acerca do papel da experimentação, da função da experimentação no ensino de Ciências né? E de Química (P7).

As componentes curriculares integradoras cumprem importante papel no estudo das atividades experimentais, pois embora as componentes curriculares de conteúdo específico sejam espaços de exemplares de atividades experimentais, é naquelas que os licenciandos se apropriam, ou deveriam se apropriar, de conhecimentos sobre experimentação fundamentados nos resultados de pesquisa em ensino de Ciências. Conhecimentos fundamentais para planejar e desenvolver experimentos na docência, bem como para analisar suas futuras práticas pedagógicas e aquelas às quais foram submetidos. Foi um consenso entre os docentes, de forma previsível, que as componentes curriculares integradoras contribuem para a aprendizagem acerca da experimentação. Mas os investigados divergiram em relação à possibilidade da existência de uma componente curricular para abordar unicamente as atividades experimentais no ensino:

A gente tem uma disciplina que se encaixa bem nessa situação [que aborda unicamente as atividades experimentais]. O que eu acho que não pode, e isso é comum na universidade, é você querer que essa disciplina dê conta de tudo isso. Eu encaro a disciplina como um momento privilegiado pra você discutir questões relacionadas à experimentação, mas ela não pode ser separada das demais disciplinas [...]. Do mesmo jeito que você não pode ter uma disciplina de metodologia da pesquisa e discutir pesquisa só naquela disciplina né? Não tem, perde até o foco. Você vai discutir pesquisa a hora em que você tá no laboratório, a hora que você tá fazendo pesquisa. Você vai discutir experimentação a hora em que você está em outras disciplinas em que também a experimentação perpassa por ali né? Então, tentando sintetizar, eu acho que a disciplina é interessante, mas a responsabilidade não pode ser só dela (P10).

Aceitar uma componente curricular exclusivamente em torno da experimentação, na opinião de parte dos pesquisados, não significa apostar que esse conteúdo seja negligenciado por outras componentes curriculares e que, portanto, não resolve, por si só, o problema da aprendizagem concernente às atividades experimentais. É importante refletir o porquê de haver uma componente curricular a respeito da experimentação e não de outros “assuntos” do mesmo modo proeminentes no ensino de Ciências, como o enfoque CTS, o papel da linguagem na apropriação do conhecimento científico, a História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências, o ensino de Ciências e multimídia, a avaliação etc. É relevante nos questionarmos se teríamos como transformar todos esses conteúdos em componentes curriculares. Por outro lado, docentes contrários à inserção de uma componente curricular somente acerca da experimentação apontam limites dessa inserção, ou não, no currículo da licenciatura em Química:

[...] a gente tem a experimentação como um agente motriz né? Dos nossos componentes curriculares. E eu não defenderia que fosse uma disciplina, de jeito nenhum. Agora dizendo isso, corre o risco [...]. Quer dizer, é pra todo mundo fazer, mas é feito ou não é? Assim como é com o eixo da História. Todo mundo é pra fazer, mas é feito ou não é? (P7).

[...] já vi professores de História da Ciência, História da Química, por exemplo, nos cursos de Química que são completamente a-históricos. Pode até criar uma disciplina de experimentação no ensino de Química e cair na mão de um “receituário”, vamos chamar assim, de uma pessoa que não vai permitir uma experimentação mais livre, ou com problemas, ou de uma maneira que não seja o roteiro prático [...]. Eu não sei se eu colocaria uma disciplina, se tivesse que fazer uma reformulação curricular hoje, eu

não sei, eu não colocaria a disciplina de experimentos para o ensino de Química, por exemplo. Mas, eu acho que ele tem que estar contemplado dentro de várias outras coisas [...]. Mesmo que a tendência da gente é enxugar os currículos e não ampliá-los (P8).

No primeiro fragmento, ao mesmo tempo em que o professor se opõe à ideia da experimentação como uma componente curricular, entende que a sua ausência pode implicar o não estudo das atividades experimentais no ensino de Ciências durante a formação inicial. Ou seja, parece mais um argumento em favor da componente curricular do que desfavorável. Na visão do docente, a experimentação precisa ser um conteúdo de caráter mais interdisciplinar, porém, não há garantia do compartilhamento de tal visão entre os formadores das diferentes componentes curriculares. Isso explica a identificação pelo investigado do limite de não haver uma componente curricular especificamente acerca da experimentação.

No outro fragmento, o formador sinaliza possíveis fragilidades, tal como a abordagem da experimentação, como um conteúdo da formação de professores, depender das opções teórico-metodológicas do formador; porém, esse problema atinge qualquer componente curricular. Outro problema associado à criação de novas componentes curriculares é a ampliação de atividades no currículo da licenciatura sem a alteração do seu tempo de conclusão ou a retirada de componentes curriculares. A inclusão de componentes curriculares pode colaborar também para o excesso de fragmentação no ensino de um conteúdo relevante para a docência como a experimentação. Enfim, o importante parece ser que, para todos os formadores, as atividades experimentais não podem se restringir à abordagem de uma componente curricular.

Os espaços não disciplinares foram da mesma maneira mencionados como relevantes para a aprendizagem da experimentação no ensino:

Uma das coisas que é muito interessante, e aí eu tive uma boa vivência, é de ver esses alunos que trabalham com a gente em atividades de extensão no laboratório, esses alunos já chegam com essa visão bem diferente, porque eles já têm a oportunidade de vivenciar isso num tempo maior e num contexto que não de sala de aula de preocupação com a cobrança, com a avaliação. Eles realmente vivenciam. Então, quando esses alunos chegam pra fazer as disciplinas já com essa bagagem da extensão, dessas atividades no laboratório, nesses fica muito clara essa visão diferente. Nos outros a gente tem que trabalhar pra tentar mudar um pouco (P10).

Os projetos de extensão, ao favorecerem a aproximação dos licenciandos com os professores e alunos da escola, podem ser uma oportunidade para os formadores problematizarem com os seus estudantes a experimentação na realidade escolar. A ampliação dos espaços de aprendizagem, para além daqueles das componentes curriculares, é igualmente uma possibilidade de contribuir na apropriação dos conteúdos relativos à docência. Nesse contexto, encontra-se a iniciação científica:

[...] a gente chama a atenção deles sobre a importância da experimentação. Tem alguns licenciandos viu? Que até saem com uma cabeça bem aberta né? Eu vejo assim. Os da iniciação científica já é outro repertório [...] (P7).

A iniciação científica na área de ensino, além de propiciar aprendizagens de conteúdos da formação docente, pode ser um modo de inculcar a prática da pesquisa entre os futuros professores durante a docência. Essa modalidade de investigação pode valorizar ainda a pesquisa como um princípio educativo e não somente científico. Tal aceção sugere aproximações entre ensino e pesquisa, e um exemplo disso é a necessidade de ambos exigirem a problematização do conhecimento. Baseados nessas aproximações, parte dos investigadores acredita que até a iniciação científica na área de Química pode colaborar para aprendizagens sobre a experimentação no ensino:

[...] Quando o menino pode aprender sobre experimentação fazendo realmente né? Numa iniciação científica ou até mesmo num contexto de trabalho [aqui tem muito alunos com curso técnico em Química]. Agora aqueles que não tiveram essa vivência, que são de outro campo ou que entraram na licenciatura e trabalham em outra coisa que não é Química [...] é mais difícil pra esse que não vivenciou o contexto da experimentação enquanto trabalho mesmo, não sendo só uma receitinha (P8).

O laboratório é caracterizado como um espaço para aprender acerca do papel da experimentação na produção do conhecimento científico. De certa forma, isso expande os contextos de aprendizagens para além da universidade, pois como destacou o pesquisado, é possível licenciandos provenientes de cursos técnicos em Química chegarem à graduação com uma visão em torno das atividades experimentais influenciada pela sua trajetória. O

fato de aprenderem a respeito da experimentação nesses contextos não significa ser desnecessária uma problematização de seus conhecimentos.

Outro espaço proposto de forma muito tímida — inclusive porque os formadores relataram as suas ações na formação inicial — por um só investigado foi a possibilidade de curso de formação continuada para os docentes de instituições de educação superior:

Teria que haver discussão, cada um dizer o que faz e realmente melhorar e interação nesse sentido. Até existe uma proposta aqui, mas... Nós conversamos de vez em quando com alguns colegas informalmente. Mas existe uma proposta de se fazer um curso envolvendo os professores desta área mais específica né? Junto com os pedagógicos num trabalho, com este viés mais pedagógico, vamos ver se a gente acaba conseguindo aí (P9).

O formador admite que precisa haver espaços para o estudo da experimentação não somente com os graduandos, mas com os próprios docentes das diferentes componentes curriculares. Ou seja, ambos necessitam aprender esse conteúdo importante da formação de professores. O investigado aponta uma parceria entre aqueles da área de conteúdos específicos e aqueles da área mais pedagógica e isso pode ser salutar, uma vez que pode sinalizar um projeto de atuação coletivo e não puramente disciplinar.

Em suma, os pesquisadores em ensino de Química creem nas diferentes componentes curriculares da licenciatura em Química como responsáveis pelo ensino da experimentação. Não há conformidade entre os investigados sobre a possibilidade de uma componente curricular unicamente em torno das atividades das atividades experimentais. Também foram indicados espaços não disciplinares para a aprendizagem da experimentação: os projetos de extensão e a iniciação científica. Embora de forma tênue, argumenta-se em favor de o estudo das atividades experimentais atingir igualmente os professores das instituições de educação superior por meio de cursos de formação continuada.

A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: aprendizagens mediadas pela interlocução com a escola e seus sujeitos

Os formadores têm apostado, segundo seus relatos, na aprendizagem da experimentação pela inserção dos licenciandos na escola ou pela “interação” deles com os

sujeitos dessa instituição. Um professor comentou os benefícios da aproximação entre instituições de educação superior e escola aos licenciandos e aos docentes do ensino médio:

Hoje, quando eles chegam ao estágio, eles já estão prontos, prontos no sentido figurado né? Mas eles têm mais segurança pra trabalhar. Então, eles vão aí juntar todas essas idéias que eles tiveram nos tutoramentos, fazem uma síntese disso e realmente o trabalho deles é muito interessante. O retorno que a gente tem dos professores das escolas é muito positivo. Inclusive eles estão levando inovações para as escolas, eles estão influenciando os professores das escolas. Até tem professores que dizem “que bom que eu tenho estagiários aqui que estão ajudando a mudar minha aula”. Isso é um fator interessante né? Eles provocam mudança aonde eles vão. E eles ficam bem com isso, eles sentem que estão ajudando a mudar a escola né? Chegam lá e tem um professor que tá parado no tempo e que eles vão ser promotores de mudança, isso pra eles é muito bom, aumenta a autoestima, eles se sentem mais motivados. Então, é bem interessante isso né? (P9).

Bom, tu sabes o quanto essas coisas são demoradas né? Nós estamos nisso e eu acho que já tem avanço não é? Só o fato deles fazerem, são 25 alunos em diferentes escolas, mesmo que eles se agrupem, vamos imaginar, são dez experimentos que acontecem né? Nas escolas, coisa que isso, o relato é de que nunca acontece nada desse jeito né? Na escola (P6).

A realização de experimentos pelos licenciandos na escola, e acompanhada pelo formador, é uma maneira de transcender, por exemplo, o que tem sido denominado de oficinas. A oficina é uma das possibilidades sinalizadas por um docente de Química, comentada anteriormente, a respeito de como abordar a experimentação, como um conteúdo na Prática de Ensino. Na perspectiva das oficinas, é comum a confecção de materiais didáticos a serem utilizados em atividades sob forma de cursos. Conforme Pimenta e Lima (2004), tais atividades não favorecem o entendimento do processo de ensino e aprendizagem em seu todo. É justamente o contrário que procuraram os formadores representados pelos fragmentos acima. Ao longo da formação inicial, os alunos, por intermédio de tutoramentos e do estágio, são inseridos no meio escolar para compreenderem o desenvolvimento de atividades experimentais dentro do processo educativo, o que contribui ainda para ultrapassar o criticado modelo 3+1 de formação de professores. No primeiro fragmento, o professor também aponta positivamente a presença dos estagiários na escola para colaborar na transformação das práticas dos docentes daquela instituição. Isso se constitui em um contrapeso a um elemento de uma situação-limite

mencionada mais a frente, isto é, a frequente falta de cumplicidade entre formador e professor da escola no que diz respeito às visões sobre as atividades experimentais. Já no segundo fragmento, o formador entende a realização de experimento pelos licenciandos como um modo de catalisar um inédito viável: a promoção de experimentos na escola.

De acordo com parte dos investigados, a interação com os sujeitos da escola não precisa ocorrer obrigatoriamente naquele ambiente. Uma possibilidade seriam os projetos de extensão:

Uma outra situação que a gente tem é um trabalho no laboratório, é um projeto de extensão de assessoria a professores e alunos do ensino médio. Então, os alunos né? Os monitores né? Que são alunos da licenciatura, eles têm a possibilidade de vivenciar a experimentação nessa perspectiva apresentando experimentos pra alunos né? Desenvolvendo projetos com esses alunos, projetos pra Feiras de Ciências né? Apoiando professores né? No desenvolvimento dos projetos. Mas já aí é um trabalho não disciplinar né? É um trabalho que tá mais voltado pra atividade de extensão e em alguns casos atividade de pesquisa também (P10).

Não parece ser o caso relatado pelo formador, mas é importante as atividades desenvolvidas nos projetos de extensão se distanciarem da perspectiva da instrumentalização técnica criticada anteriormente. Apesar da relevância do envolvimento dos futuros professores em atividades de extensão, é necessário destacar que estas — da forma como foram relatadas — a princípio, não propiciam a compreensão do processo de ensino em seu todo, segundo já abordamos. As filmagens das aulas de professores são outra maneira de proporcionar aos licenciandos aprendizagens sobre a experimentação na realidade escolar:

Eu quero aproveitar e mostrar a filmagem para os meus alunos, porque foi interessante, os alunos fizeram a mesma experimentação, os alunos desse meu professor que tá no grupo de formação [...]. E acho que vale a pena e dá até pra mostrar pros alunos da licenciatura. Quer dizer, dá pra fazer. Claro, demanda tempo, demanda hora extra, demanda uma série de coisas, mas é possível, não é uma coisa impossível. “Eu nunca vou conseguir fazer os meus alunos pensarem”. Isso não é verdade (P8).

Apresentar aos licenciandos atividades experimentais exemplares, inclusive do ponto de vista metodológico, pode ser uma forma de favorecer aprendizagens e incitar a realização de experimentos nas escolas, apesar dos problemas conhecidos e implícitos na fala do investigado, tal como as condições de trabalho do professor. Aliás, isso é algo que precisa ser problematizado com os futuros docentes para, entre outros aspectos, não responsabilizar unicamente o professor pelo não desenvolvimento de atividades experimentais. A filmagem pode ser uma ferramenta utilizada em outros instantes:

Porque eles planejam as aulas, eles vão dar as aulas nas escolas, eles filmam as aulas deles com vídeo e esse vídeo é visto aqui no retorno [...]. Pra eles estarem analisando aqui como é que foi feito o uso da experimentação lá no estágio deles (P7).

Filmar as aulas dos estagiários para a posterior discussão na instituição de educação superior é um procedimento metodológico explorado com certa frequência na formação inicial de professores. Para além da abordagem da experimentação, essa prática pode fomentar a cultura da reflexão sistematizada acerca das próprias aulas entre os licenciandos. Tomar a experimentação realizada pelos estagiários como objeto de estudo é uma forma de pôr em xeque, pelo menos implicitamente, a compreensão das atividades experimentais como promotoras incondicionais da aprendizagem, pois, se assim fossem, não necessitaria discussão, mas somente um incitamento à sua presença na escola, a não ser que a filmagem fosse usada exatamente com o propósito de reforçar tal compreensão. Por isso, é importante a apropriação dos conhecimentos contemporâneos produzidos pela investigação em ensino de Ciência para que os licenciandos possam analisar criticamente as práticas pedagógicas apresentadas a eles e às quais se submetem na licenciatura.

A inclusão dos professores das escolas nas aulas desenvolvidas nas instituições de educação superior foi outra maneira indicada para favorecer aprendizagens a respeito da experimentação:

[...] eu trouxe professores do ensino médio que vieram fazer uma narrativa, uma vivência na aula aqui da universidade de uma situação de aula deles em que eles ensinavam aquele conteúdo daquele componente curricular, um pedacinho. Então, por exemplo, o professor que ensinava termoquímica usando calorímetro, aquele didático, e o professor de Físico-Química não conhecia, nunca tinha ouvido falar em uma aula de

termoquímica, usando alguma coisa relacionada com calorímetro né? Então, essa é uma forma [...] foi bem interessante [...] e é uma coisa que eu faço até hoje, eles vêm pra contar como é que eles dão aula [...]. Então, eles traziam pra aula de Química as atividades [experimentais] que eles desenvolviam na escola né? E o formador às vezes também já ensinava assim, às vezes não. Então, por exemplo, eu me lembro de uma aula sobre combustão em que o formador aqui tava dando aula também pros meninos e o formador ia dar a aula dele fazendo experimentos que o professor do ensino médio também fazia na escola. Então, aí foi diferente daquela da Físico-Química que o professor do ensino médio veio e ajudou o formador também a ensinar o conteúdo [...]. Então, acho que é uma forma diferente de trazer o professor do ensino médio que trabalha com experimentação pra aula da universidade pra junto com o formador estar ensinando os futuros professores sobre experimentação, por exemplo (P7).

O pesquisado relata uma possibilidade que abarca formador, licenciando e professor da escola e sinaliza um exemplo de como tal possibilidade pode ser enriquecedora profissionalmente para os envolvidos. Parece-nos, inicialmente, que o exemplar acima colabora para os professores das componentes curriculares de conteúdo específico conhecerem a futura realidade dos seus alunos, que igualmente podem aprender com a participação dos professores da escola. Entretanto, não é um disparate supor que ambos os professores e licenciandos podem estar mergulhados em uma visão imprópria, de acordo com a pesquisa na área, sobre a experimentação no ensino de Química. Nisto, está tácita a necessidade de incluir na discussão os formadores das componentes curriculares integradoras.

Enfim, os formadores apontaram como importante para a aprendizagem da experimentação no ensino a aproximação dos licenciandos com a escola e os seus sujeitos. Inserir os licenciandos, ao longo da graduação, na sala de aula da escola com a oportunidade de desenvolver experimentos neste contexto é, na leitura dos formadores, uma forma de proporcionar as aprendizagens acerca da experimentação. Indicou-se ainda o envolvimento dos futuros professores em projetos de extensão como uma maneira de aproximá-los dos docentes — bem como os alunos das escolas — sem obrigatoriamente frequentarem aquela instituição. Isso também pode ser feito por meio de filmagens das aulas de professores nas quais há atividades experimentais. A filmagem foi assinalada como relevante inclusive nas aulas dos estagiários, pois favoreceria a discussão e análise futura da ação desses sujeitos. A presença do docente da escola na licenciatura em Química foi outro ponto mencionado como salutar para a aprendizagem da experimentação.

Ressalta-se que a inclusão dos licenciandos na escola não necessariamente significa um distanciamento da racionalidade técnica, visto que são conhecidos os casos de cursos de licenciatura em que prepondera o modelo 3+1 e promovem, devido a um compromisso dos formadores, a inserção dos alunos na escola. Portanto, não é a interação, por si só, dos graduandos com o meio escolar a propulsora de aprendizagens efetivas a respeito da experimentação e, nessa rota, os formadores sinalizam outros aspectos para promover tal aprendizagem, como discutiremos a seguir.

A circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação: aprendizagens mediadas pelas interlocuções teóricas³⁸

Os diferentes textos sobre experimentação — artigos de fundamentação teórica e de pesquisa, livro didático e artigos de revista com sugestões de experimentos — foram citados como importantes no processo de ensino desse conteúdo. Todos os pesquisadores em ensino de Química enfatizaram a relevância dos “conhecimentos teóricos” para a aprendizagem acerca das atividades experimentais:

Ela [a componente curricular] tá nesse módulo de estágio em que eles vão semanalmente à escola tá. Então, eles têm que planejar uma atividade pra fazer em sala de aula. E aqui conosco nós vamos fazendo atividades experimentais. Nós aí fazemos uma, discutimos, aí eles apresentam uma, nós fazemos outra, eles apresentam o que eles vão fazer. Depois eles nos contam o que eles fizeram né? Isso tudo entremeadado com a discussão teórica produzida [e publicada por nós mesmos] (P6).

Nós, por exemplo, temos aqui no tutoramento [...] o foco é mais a questão da experimentação e ele continua no [outro tutoramento em que] o aluno vai pra escola e tudo, faz todo um trabalho de observação e até já trabalha algumas aulas, enfim né? E ele tem que desenvolver experimentos né? E no [tutoramento] a gente discute também aspectos assim teóricos da experimentação né? Ele vai lá à escola, ele problematiza, ele mostra como é que ele vê, como é que a escola tá trabalhando o experimento, traz isso pra discussão em aula e a partir disso então se discute, se lê texto sobre experimentação, se discute como resolver isso. Aí eles voltam pra escola, fazem alguns experimentos com os alunos, trazem esses dados, a gente reflete em sala de aula. Então, nós temos duas disciplinas que de certo

³⁸ A segmentação entre interlocuções teóricas e aquelas com a escola e os seus sujeitos é apenas analítica no contexto da tese.

modo, concentram um pouco mais, não fazem só isso, mas concentram um pouco mais (P9).

Ao contrário dos docentes das componentes curriculares de conteúdo específico, os formadores das integradoras salientaram explicitamente o papel da interlocução teórica na apropriação do conhecimento relativo às atividades experimentais. Nos fragmentos acima, aparece a intenção dos professores de promover o diálogo entre a experimentação desenvolvida na escola com os conhecimentos teóricos sobre o assunto produzidos pela comunidade de pesquisadores em ensino de Ciências. Em certa medida, isso se aproxima do que Freire (2005) denomina de práxis, ou seja, a ação e reflexão (teórica) em interação constante, de modo a não encerrar o processo educativo em um ativismo ou em um verbalismo. Acreditar que o conhecimento emerge unicamente da “prática” pode estar associado a uma visão empirista da produção do conhecimento. De outra parte, reduzir a “prática” à mera aplicação de teorias estudadas previamente remete à indesejável racionalidade técnica. São essas perspectivas que os formadores parecem transcender ao sinalizarem a interlocução entre a “prática” da sala de aula e os conhecimentos teóricos em sintonia com a pesquisa contemporânea em ensino de Ciências.

As sugestões de experimentos divulgadas em revistas também foram apontadas positivamente no trabalho dos formadores:

É de trabalhar não só algumas práticas e aí a gente normalmente usa [a revista Z], porque tem um número enorme de práticas né? Tranquilamente são adaptadas, tranquilamente podem ser utilizadas, mas eu tenho um foco bastante forte na natureza da estratégia didática que você vai utilizar pra desenvolver uma aula prática (P8).

Os experimentos divulgados em revistas de ensino podem apresentar características metodológicas importantes (GONÇALVES; MARQUES, 2006). No entanto, a apropriação de conhecimentos relativos à experimentação no ensino permanece essencial para a análise desses experimentos, pois não se isenta a possibilidade de possuírem limitações de diferentes ordens, inclusive de segurança (GONÇALVES, 2005). É certo que os docentes analisam e interpretam as propostas de experimento independentemente de terem se apropriado, ou não, das discussões atuais em torno da experimentação; caso contrário seria uma aceitação destes como tabulas rasas. Todavia, quando leem as propostas de

experimentos com possíveis conhecimentos de um senso comum pedagógico, os professores não apreendem, provavelmente, as limitações dos experimentos. O mesmo entendimento serve à leitura dos experimentos nos livros didáticos, igualmente abordada pelos formadores:

Nessa disciplina a gente fazia um trabalho bem amplo de avaliação do livro didático. Então, a gente tentava na medida do possível avaliar diferentes aspectos né? [...] Então, o que a gente observava muito, e os alunos rapidinho conseguiam perceber isso, você tem alguns livros didáticos que a experimentação aparece ou no final do capítulo, ou no final do livro, ou às vezes até no livro do professor. Ou seja, o autor tem um livro com o conteúdo e a experimentação foi enxertada, porque em algum momento isso começou a ser cobrado. E você tem livros didáticos que, normalmente são os livros que a gente chama de alternativos que eles trazem uma perspectiva diferente. A experimentação, ela vem antes na tentativa de estimular o aluno, de despertar a curiosidade né? Despertar o caráter investigativo, de discutir a questão relacionada à atividade científica, a questão do erro. Ou seja, outros fatores que não essa comprovação da teoria dada em sala de aula. Então, a gente tentava trabalhar com os alunos pra eles discernirem como é que aquele livro ali trabalhava a experimentação. [...] Ele pensa como eu que a experimentação deve estimular o aluno a aprender Química, a buscar a resposta? Ou ele pensa que a experimentação vem pra comprovar a teoria (P10).

O formador, analogamente a outros docentes de componentes curriculares de conteúdo específico, entende o texto de experimentação disseminado — nesse caso, o livro didático — como uma situação-limite. Ao mesmo tempo, compreende que tal situação-limite precisaria ser apreendida pelos licenciandos no processo formativo e futuramente enfrentada para vislumbrar o inédito viável. O que se entende como inédito viável ou situação-limite está associado aos conhecimentos e objetivos do sujeito. Reitera-se que, segundo Freire (2005), quando, para muitos, há um inédito viável a ser concretizado, para outros, esse inédito viável é uma situação-limite a ser evitada.

A pesquisa como princípio formativo também é explorada pela maioria dos formadores:

É fazer pesquisa com eles de modo que eles perguntem para os alunos das escolas, como os alunos das escolas percebem essa questão da experimentação. E isso tem aparecido aspectos muito interessantes, porque às vezes a gente fala, a gente mostra a importância, faz o

experimento e tal, eles compreendem. Mas, quando eles começam a ouvir os alunos lá da escola, falando sobre a experimentação né? (P9).

O referencial teórico do formador, explicitado anteriormente, entende a investigação em sala de aula como um processo mediado pela interlocução teórica e empírica. O diálogo com interlocutores teóricos é fundamental em qualquer investigação, e a apropriação de conhecimentos novos pelos licenciandos é necessária para a interpretação da realidade empírica apreendida pela pesquisa, a exemplo da exposta pelo docente no fragmento acima. Temos apostado na pesquisa coletiva entre formadores e licenciandos acerca das atividades experimentais (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GONÇALVES; GALIAZZI, 2004) como uma forma de favorecer aprendizagens a respeito desse assunto. Seria importante que o coletivo de formadores fosse constituído não somente por professores das componentes curriculares integradoras, mas por docentes das componentes curriculares de conteúdo específico que, com exceção de raros casos, não exercitam a pesquisa na área educacional. Reafirma-se que a argumentação em prol de determinada parceria não significa dizer que esse é um processo sem possíveis limitações (ABELL, 2005; GALIAZZI; GONÇALVES; LINDEMANN, 2002).

Portanto, as diferentes produções textuais cumprem funções variadas no processo de ensino da experimentação nas componentes curriculares integradoras. Os artigos de fundamentação teórica ou de pesquisa fornecem elementos de análise dos discursos e das atividades experimentais desenvolvidas na escola. Ao mesmo tempo, podem sustentar o desenvolvimento da pesquisa como princípio formativo na formação docente. As propostas de experimentos divulgadas em periódicos também podem auxiliar na promoção da experimentação, assim como aquelas presentes em livros didáticos, mas que, às vezes, foram identificadas como constituintes de uma situação-limite.

Situações-limite: a coletividade e a cumplicidade reprimidas

Da mesma forma que os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, os pesquisadores em ensino de Química reconhecem a ausência de um trabalho coletivo e de cumplicidade entre os diferentes sujeitos da licenciatura. Uma das situações-

limite é exatamente a falta de cumplicidade entre esses profissionais em relação à experimentação:

A gente consegue um diálogo bom na área de ensino né? Então, a gente sabe os enfoques que os nossos colegas trabalham nas disciplinas deles com relação a isso. Com relação a outras disciplinas não tem diálogo né? Tem que ser sincero. Não tem, ele inexistente [...]. A Química Analítica tem aquela visão técnica de como é que devem ser as aulas de Analítica e trabalham naquela perspectiva né? É difícil a gente mexer com isso. A gente tentar invadir a área do outro, assim que é visto um pouco (P10).

A falta de cumplicidade já havia sido mencionada pelos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. Novamente, destaca-se que o problema pode ser fruto, com base na epistemologia fleckiana (FLECK, 1986), da não confiança do círculo exotérico (docentes das componentes curriculares de conteúdo específico) no círculo esotérico (docentes das componentes curriculares integradoras). No entanto, de acordo com o fragmento acima e o depoimento de outros pesquisadores em ensino de Química, a falta de cumplicidade não acontece entre os formadores das integradoras. É uma diferença no relato dos formadores, pois como foi analisado anteriormente, os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico confirmaram, em parte, uma dificuldade de compartilharem uma visão entre si sobre os experimentos realizados. Isso não significa atribuir a esses profissionais toda a responsabilidade pelo problema da experimentação. Os próprios pesquisadores em ensino de Química admitem que a forma como as instituições de educação superior organizam os trabalhos dos professores favorece a ausência e a resistência a um trabalho coletivo:

Então, eu vejo que há dificuldade ainda, e isso talvez passe pela falta de diálogo que é difícil fazer diálogo com grupos da área específica né? Mesmo com poucas reuniões. As reuniões são reuniões administrativas. Isso aí é complicado né? Mas, mesmo assim, tem alguns professores da área específica que têm uma cabeça mais aberta. Mas tem outros que ainda têm uma visão fechada (P9).

Mas, acho muito difícil, porque qualquer coisa que a gente imagine que vá poder discutir coletivamente né? O sistema é muito estruturado né? Muito estruturado né? Ninguém consegue. Tu não consegues fazer assim um, imaginando que chegue à conclusão: tá nós temos que discutir experimentação nos cursos de licenciatura em Química com os

professores que fazem isso. Tu não vai conseguir discutir isso, não. Tendo [professor A, B, C], embora sejam sujeitos muitos legais [...] cada um entende a experimentação como aquilo que faz, até eu né? Aquilo é o jeito de fazer experimentação né? Acho que é muito isso (P6).

A insuficiência de reuniões — em geral, administrativas — nas instituições de educação superior é identificada no primeiro fragmento e desvela o cenário de raras oportunidades para a aprendizagem de assuntos relativos à docência, como a experimentação. O modo de as instituições se organizarem, conforme salientado tacitamente no segundo fragmento, propicia o trabalho individualizado dos formadores e a “impermeabilidade” às inovações e discussões a respeito das atividades experimentais. A forma de organização institucional também se constitui, por si só, como discutiremos posteriormente, em uma situação-limite em relação à docência. Cada professor é responsável, em geral, pela componente curricular que leciona e, nas instituições públicas, pelo menos, parece haver certo tipo de “cultura do silêncio” (FREIRE; SHOR, 1986), na qual raramente se problematizam de forma sistematizada as práticas docentes, inclusive porque determinados professores e alunos dão a entender que compartilham uma visão de ensino e aprendizagem. Pode-se perceber isso quando os formadores procuram problematizar, por meio de práticas inovadoras, as compreensões dos licenciandos acerca experimentação:

[...] as minhas atividades de experimentação [...] elas tinham muito a questão do aluno dizer, do aluno falar, não é? Mas, era muito difícil, assim ó, pro sujeito entender o que eu tava querendo não é? Era sempre aquela história: [o professor] não ensina, [o professor] não dá conteúdos, por conta de eu querer que o cara fale. Eu tenho essa idéia, às vezes, os alunos que passam por mim, é a idéia assim ó: [o professor] não ensina, né? Não tem conteúdo. Mesmo que eu tenha feito, tenha clareza de que milhões de coisas fizeram; o aluno tem a idéia assim: não, eu não aprendi, por exemplo em Química [...], função e nome; então como é que eu vou tá aprendendo Química [...] Apesar de eu ter participado das discussões, não é? Eu não sei se o que a gente fala tem repercussão na sala de aula, eu não sei, né? (P6).

O desenvolvimento de experimentos pelos pesquisadores em Química, quando atuam em componentes curriculares de conteúdo específico, provoca resistências em alunos devido ao fato de essas atividades, em certas ocasiões, romperem com uma proposta já

conhecida. Os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico encontram, como assinalamos, dificuldade semelhante em promover experimentos de acordo com uma perspectiva educacional inovadora. Os pesquisadores ainda se deparam com essa falta de cumplicidade para realizarem seus trabalhos nas próprias componentes curriculares integradoras:

Mas eles estão distantes da discussão da educação. Então, é como eles estão olhando para um lado, e a gente quer mostrar o outro né? Tão lá olhando pro lado da lista de exercício que é largada pra aula de Química Geral não é? Trinta exercícios de Química Geral e nós estamos querendo aqui que eles façam o relato da melhor atividade experimental (P6).

A racionalidade técnica, traduzida no modelo 3+1 de formação inicial, tem efeitos sobre o modo de os licenciandos entenderem os conhecimentos, pois valorizam, de acordo com o pesquisado, os conhecimentos de Química em detrimento daqueles da área de ensino, como a experimentação. O depoimento é do docente de um curso em dissonância com o modelo 3+1. Portanto, há um indicativo de morosidade entre os futuros professores em romper da mesma forma com pressupostos da racionalidade técnica. De outra parte, a morosidade pode ser explicada pelo fato de que, mesmo sob reformulação curricular que ultrapassa o modelo de 3+1, a licenciatura em Química continua com docentes que acreditam na hierarquia exacerbada dos conhecimentos. Não há um abandono total das premissas da racionalidade técnica, e os graduandos permanecem influenciados por tais premissas.

O mesmo formador identifica, embora isso não tenha sido muito expressivo entre os investigados, a não existência de uma cumplicidade realmente efetiva entre o docente da instituição de educação superior e o da escola:

Eu tô tentando articular o professor da escola com o licenciando pra virem aqui juntos trabalhar [no grupo de formação permanente]. Mas, é muito separado, não é? Ou seja, o aluno chega lá o professor não tá nem preparado pra entender o que está sendo posto, né? Porque ele não faz experimentação. Então, é mais o aluno. Muitas vezes o professor pede uma determinada prática pro aluno assim: “Ah, tô trabalhando isso, funções, faz uma prática”, né? Aquela velha questão: “faz uma prática motivadora”. Então, eu não vejo que se consiga, que haja especificamente essa, mas nós estamos muito no início, essa vinculação assim do professor que faz a prática que tá na aula e o nosso aluno e nós aqui né? (P6).

O ensino e aprendizagem das atividades experimentais em interação com a escola como uma condição importante, conforme argumentamos anteriormente, pode possuir uma limitação, qual seja, o fato de os professores das escolas nas quais os alunos irão interagir não compartilharem com os formadores visões acerca das atividades experimentais, aspecto presumível diante da problemática da formação continuada de professores. O formador localiza inclusive uma compreensão comum dentre os docentes de Química: a crença na experimentação como motivadora. É um indício da relevância de a aproximação entre instituição de educação superior e escola ocorrer com a problematização também do entendimento dos professores da educação básica a respeito do papel da experimentação. Por outro lado, há uma probabilidade de essa problematização encontrar situações-limite para sua concretização. Independentemente disso, é indispensável formar licenciandos suficientemente críticos para poderem apreender as limitações das práticas e dos discursos dos professores com os quais interagem ao longo da formação inicial. Acrescenta-se a possibilidade de a simples presença dos licenciandos na escola contribuir, como apontamos previamente, de alguma forma para a aprendizagem dos professores. Tal possibilidade não elimina a necessidade da problematização das atividades experimentais na formação continuada dos professores.

Os investigados identificaram, portanto, situações-limite relacionadas com coletividade e a cumplicidade. Um dos aspectos destacados é o não compartilhamento de visões sobre a experimentação entre os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e os formadores das integradoras. Estes últimos sinalizam que os licenciandos não são cúmplices das suas práticas pedagógicas, cujo escopo é inovar as atividades experimentais. Não há ainda uma total cumplicidade entre os formadores e os professores das escolas na abordagem da experimentação junto aos licenciandos.

Situações-limite: as estruturas institucionais

As estruturas institucionais, especialmente nas suas dimensões física e organizacional, foram citadas pelos investigados como problemas que podem estar ligados a conteúdos abordados sobre a experimentação, bem como ao modo de ensiná-los e

aprendê-los. A carência de recursos materiais nas escolas é um aspecto considerado na proposição de “materiais alternativos” para a realização de atividades experimentais:

Em relação à experimentação, outro aspecto que a gente trabalha muito é o recurso né? Quer dizer, que tipo de recurso, materiais a serem utilizados, que podem ser materiais simples né? Que às vezes o pessoal chama de sucata, enfim. Mas materiais que possam facilitar esse trabalho. Isso aí a gente trabalha bastante também né? Pra ver como eles podem realizar experimento sem ter na escola materiais. Ou o que a gente presencia muito são laboratórios empoeirados, fechados né? Cada vez mais isso né? E, no entanto, o professor pode fazer isso, não precisa fazer no laboratório, pode ser na própria sala de aula, desde que o aluno possa participar não é? Pode fazer até demonstrativamente, desde que o aluno tenha acesso, que possa ver, observar, tirar dados pra analisar. Enfim, essa parte de recursos a gente discute bastante também (P9).

A falta de laboratórios suficientemente estruturados nas escolas é uma das situações-limite para os professores desenvolverem experimentos. Os chamados materiais alternativos podem contribuir para vislumbrar o inédito viável, isto é, a promoção de atividades experimentais nas escolas. Os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico também incentivam a utilização de tais materiais em suas aulas. De certo modo, a estrutura física das escolas exerce influência na abordagem da experimentação de ambos os formadores. Contudo, há discrepâncias no modo de entender esse assunto por parte de professores que ensinam Química e de professoras das integradoras. Isso pode estar associado ao modo de organização interna da instituição que desfavorece a aproximação entre os profissionais:

A gente teria que encontrar realmente mais tempo pra fazer reuniões de caráter pedagógico, pra discutir, pra trazer exemplos, pra trazer o que acontece em sala de aula para os debates. É que tem outros problemas [...] a gente trabalha muito, a gente tem pouco tempo pra se encontrar (P9).

As reuniões pedagógicas entre os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico e os docentes das integradoras poderiam ser um ambiente de estudo da experimentação no ensino de Química. Porém, tais reuniões não parecem ser fomentadas pelas instituições de educação superior, e sua ausência se constitui, portanto, como integrante de uma situação-limite para a aprendizagem da experimentação por parte

daqueles que lecionam Química. De acordo com o investigado, esse é um problema associado às condições de trabalho do formador. Conseqüentemente, isso tem efeitos nas atividades experimentais realizadas nas licenciaturas, como já expusemos ao longo da pesquisa. Outra característica organizacional das instituições de educação superior que contribui para o cenário problemático da experimentação é o fato de os docentes das componentes curriculares de Química não obrigatoriamente estarem em consonância com a proposta curricular do curso para o qual lecionam:

A gente não tem, pelo menos pelas universidades federais por onde eu já passei, assim muito claro, a gente tem uma coordenação que coordena o curso, mas ela não interfere na sua atuação em sala de aula. Então, quem define como é que deve ser a disciplina de Química Analítica Quantitativa é a área de Química Analítica e ela tem aquela visão quantitativa da disciplina. A disciplina tá ali como uma disciplina técnica pro aluno aprender a titular, pesar e tudo mais. Eles não estão nem um pouquinho interessados em saber se o aluno é da licenciatura ou do bacharelado (P10).

Entendemos o problema explicitado no fragmento relacionado a outro já mencionado, qual seja, a docência como um “território privado” (ZABALZA, 2004). Assim, a experimentação é “ensinada” como cada professor compreende que deva ser, inclusive aqueles das componentes curriculares integradoras. Em suma, a organização institucional colabora para a não realização de um trabalho mais coletivo.

Depreende-se do exposto que tanto a estrutura da escola como das instituições de educação superior, em suas dimensões física, humana e organizacional, têm influências no processo de ensino e aprendizagem da experimentação. Essas estruturas foram interpretadas como uma situação-limite, assim como já havia sido comentado na análise do diálogo com os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico.

Contradições acerca da experimentação

Os formadores das componentes curriculares integradoras, em parte, apreendem e abordam contradições relacionadas à visão de experimentação dos licenciandos. Um exemplo é o entendimento da experimentação como a solução dos problemas do ensino, mas que não é desenvolvida nem quando há laboratório na escola:

Eu acho que eu tenho feito a mesma coisa né? Tentado problematizar a teoria dos alunos sobre a experimentação. Esse é meu conteúdo básico. Problematizar essa idéia que eles têm de que a experimentação vai resolver os problemas da escola e, ao mesmo tempo, eles não conseguem fazer na escola né? Nem quando tem um super laboratório né? Não é a questão: “ah, a minha escola não tem”. Tem escolas com um laboratório excelente que nunca foi usado pelo professor de Química né? Por quê? Por causa exatamente dessa lacuna que eu acho que é muito grande (P6).

A situação relatada pelo formador sugere que não é a presença ou a ausência de laboratórios nas escolas, em si mesma, determinante exclusiva da realização de atividades experimentais. A contradição revelada pelos licenciandos e professores da escola pode estar relacionada a situações-limite, como as precárias condições de trabalho dos professores. Não parece, portanto, que a contradição mencionada seja especificamente de responsabilidade daqueles que deveriam realizar os experimentos. Em outros termos, outro formador compartilha dessa compreensão:

Na verdade, assim, eles não acreditam, mas é a única forma que eles sabem né? [...] Ou seja, é aquela coisa assim, pode ser até que eu não acredite do ponto de vista lógico né? Eu não acredito que o roteiro é a melhor forma, mas é a única forma que eu conheço. E aí é aquela coisa do professor que repete práticas vivenciadas. Isso é muito forte, a gente sabe, principalmente no início ele repete *ipsis litteris* as práticas que ele vivenciou. Raros são aqueles que conseguem racionalizar aquele formato, criticar e não repetir, entendeu? A grande maioria critica e repete (P8).

O professor justifica o contraditório conhecimento inicial dos seus alunos ao criticarem os experimentos realizados com base em roteiros estruturados pelos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e, ao mesmo tempo, proporem atividades experimentais semelhantes no estágio, ou ainda na docência. Não parece um absurdo absoluto supor que problemas no currículo da formação inicial de professores de Química somem em favor dessa contradição. Tais problemas, como o modelo 3+1, constituem-se em situações-limite desfavoráveis às aprendizagens dos licenciandos sobre a experimentação, uma vez que essas aprendizagens seriam fruto de uma efetiva interlocução com a literatura e a escola. Se o modelo 3+1 não fosse uma situação-limite para a

aprendizagem acerca da docência, o que inclui a aprendizagem em torno das atividades experimentais, não haveria uma crítica com afinco a essa proposta de formação docente.

A desarmonia entre a proposição dos formadores das componentes curriculares integradoras com os experimentos realizados nas componentes curriculares de Química é um assunto abordado por um dos sujeitos, como se pode observar:

[...] Então, eu vejo que nós convivemos com essas contradições né? E quando o aluno chega, inclusive tem, às vezes, doutores, vamos dizer assim, da Química mais dura que ele desenvolve pesquisa, trabalha com pesquisa né? Mas, quando ele tá em sala de aula, ele é extremamente tradicional. E eu costumo trazer esse fato pra sala de aula. Eu costumo até dizer pra eles assim: “quem é que trabalha aqui com pesquisa, quem é que não trabalha com pesquisa? Muito bem, que vivência vocês têm lá quando trabalham com pesquisa?”. Aí eu pergunto assim: “que vivência têm vocês, que não trabalham com pesquisa, na sala de aula?”. E eu vou mostrando as diferenças né? E aí eu até chego a afirmar às vezes assim né: “é tão estranho que um doutor que trabalha com pesquisa que ele se dá conta, e ele tem talvez a consciência ali de que ele desenvolve conhecimento, que ele reconstrói o seu próprio conhecimento pesquisando, não ouvindo alguém dizer, mas fazendo, experimentando, lendo, pesquisando”. E quando ele vai à sala de aula, ele só vai lá falar. Ele não leva essa consciência que ele tem de como se constrói conhecimento com a pesquisa pra sala de aula. Essa é a contradição que eu vejo que é grave né? Porque se realmente o sujeito se desse conta de como os bolsistas dele aprendem ali, como os bolsistas se desenvolvem num processo de pesquisa, se ele tivesse bem essa consciência mesmo, ele chegaria numa sala de aula e faria um trabalho diferente né? Por que na sala de aula, eu chego lá e faço uma aula só de transmissão né? (P9).

A contradição identificada pelo formador e estudada com os licenciandos pode auxiliar na problematização das atividades experimentais as quais foram submetidos, assim como na análise de analogias entre a experimentação na Ciência e em sala de aula, de modo que se possa localizar, na maneira de realizar experimentos na Ciência, aspectos importantes para propiciar a aprendizagem discente durante os experimentos com função pedagógica. O olhar epistemológico na análise é essencial para não incorrer em analogias inadequadas como aquela cristalizada em materiais didáticos e que associam um “método científico” infalível às atividades experimentais a serem desenvolvidas nos laboratórios didáticos. Os docentes podem realizar, às vezes, analogias entre o trabalho no laboratório de pesquisa e o laboratório didático, como destaca implicitamente o pesquisado: “Aquele professor que trabalha com muitos projetos de pesquisa e tudo, já tem uma visão mais

aberta, porque tá habituado a interagir com aluno em projetos” (P9). Os próprios formadores das componentes curriculares de conteúdo específico, por isso, poderiam participar de processos formativos que explorassem analogias entre o seu trabalho como cientista e docente. Reafirma-se a necessidade de não confundir, nas analogias sugeridas, as funções pedagógicas e epistêmicas da experimentação.

Se os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico que, em geral, vivenciam ou vivenciaram a pesquisa em laboratório não desenvolvem experimentos com base em discussões contemporâneas acerca do assunto, é preciso refletir o porquê de licenciandos que fazem iniciação científica em Química, na visão de parte dos formadores, aprendem positivamente a respeito das atividades experimentais no ensino:

E aí teve uma coisa interessante, um dos meus alunos falou [...] que ele conseguia dar conta de entender o conceito, porque ele tinha feito iniciação científica desde o segundo ano que ele tava na universidade. [...] E que isso tinha sido muito importante pra ele, porque aí ele conseguia ver a aula prática não só enquanto uma receita, mas enquanto um caderninho de protocolo dele, entende? Onde ele fazia não dava certo, ele fazia de novo, não dava certo, ele trocava os reagentes, ele trocava as quantidades. Ou seja, essa vivência de laboratório deu a ele uma visão epistemológica mais apropriada sobre o que é trabalhar no laboratório (P8).

A caracterização do formador é, em certa medida, contraditória com o cenário exposto pelos investigados. Ou seja, se os docentes das componentes curriculares de Química que vivenciaram e/ou vivenciam mais intensamente o laboratório de pesquisa não obrigatoriamente realizam analogias adequadas entre o seu trabalho como pesquisador e o de professor, é preciso refletir sobre o que proporcionaria aos estudantes de iniciação científica conseguirem fazer isso. Sobretudo, pelo fato de os orientadores da iniciação científica serem professores nos laboratórios de ensino cujas abordagens às vezes pouco contribuem para a aprendizagem, como discutimos ao longo da pesquisa. Essas considerações não significam uma negação, em absoluto, da possibilidade apontada pelos formadores. Aliás, foram sinalizados, em outros momentos, indicativos da realização de analogias pelos professores de componentes curriculares de conteúdo específico e se admite que os alunos de iniciação científica possam fazer tais analogias, inclusive inadequadas, que implicariam igualmente em aprendizagens. Mas existe uma probabilidade de as aprendizagens relativas à experimentação serem catalisadas por uma abordagem nas

componentes curriculares integradoras de exploração de analogias entre os experimentos científicos — desenvolvidos na iniciação científica ou em outros cenários de pesquisa — e os didáticos e não obrigatoriamente pela iniciação científica em si mesma. Essa argumentação se baseia, em parte, na consideração da importância do conhecimento sistematizado, produzido pelas investigações em ensino de Ciências, para a apropriação e análise crítica em torno da experimentação no ensino de Química, como um conteúdo da formação de professores. Uma valorização demasiada da iniciação científica — não é o caso dos investigados — poderia remeter a um entendimento de que se aprende principalmente pela “prática”.

Enfim, os docentes das componentes curriculares integradoras ressaltaram a relevância de abordar contradições relacionadas à experimentação no ensino. Uma das contradições está associada com o fato de os professores de Química acreditarem nas atividades experimentais, apesar de não as realizarem nem quando há laboratórios nas escolas. Outra contradição apreendida pelos formadores é a proposição de experimentos pelos licenciandos muito semelhantes àqueles desenvolvidos pelos professores das componentes curriculares de conteúdo específico, ainda que critiquem exatamente as atividades experimentais dos seus formadores. Essas atividades também são tomadas pelos investigados como constituintes de uma contradição devido ao modo como são promovidas, isto é, se nos laboratórios de pesquisa parece haver uma aprendizagem mais efetiva, não se pode afirmar que o mesmo acontece nos laboratórios de ensino; caso contrário, a experimentação não seria tratada como um problema de pesquisa. Há mais uma contradição: a crença na iniciação científica em Química como favorecedora de aprendizagens relativas à experimentação, consideradas positivas pelos investigados, embora isso não aconteça, de acordo com os mesmos investigados, com os docentes das componentes curriculares de Química que vivenciam a pesquisa e orientam na iniciação científica.

A abordagem da experimentação relacionada com a história e a epistemologia da Ciência

Parte dos conteúdos abordados pelos formadores está associada com a história e a epistemologia da Ciência. A discussão de concepções de Ciências vinculadas à

experimentação, a partir de um viés epistemológico, é uma das ações docentes, conforme os seguintes depoimentos:

Eu acho que os conteúdos que eu ensino são esses assim que batem bastante com a questão epistemológica né? Remexer nas visões deles sobre o que é Ciência? O que é conhecimento escolar? Como é que as situações reais de laboratório ou de cotidiano entram nesse contexto de sala de aula? Acho que mais por ali né? (P7).

O que a gente tem abordado ou tentado abordar [...] é, por exemplo, concepção de Ciências não é? Tentando tirar esse caráter da verificação na experimentação, tentando fazer experimentação mais dialógica né? (P6).

A tese de que as ideias dos estudantes sobre a natureza da Ciência podem influenciar na atuação destes durante as atividades experimentais tem sido tratada na literatura (LEACH, 2002a), e nisso se assenta a importância de que os formadores as apreendam e discutam. Gil Pérez *et al.* (2001) sinalizam a necessidade de reconhecer que as visões “problemáticas” dos professores a respeito do trabalho científico não se reduzem ao entendimento empirista-indutivista. Os autores apontam outras compreensões igualmente questionáveis como: a rígida (algorítmica, exata, infalível etc); a aproblemática e a-histórica; a exclusivamente analítica; a acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos; a individualista e elitista da Ciência; e a descontextualizada, socialmente neutra da Ciência. Isso não desmerece o trabalho dos formadores no enfrentamento da crença na experimentação baseada no empirismo, pois essa perspectiva filosófica atribui o cerne da atividade científica à observação neutra/experiência sensível. Já a problematização da visão rígida, por exemplo, contribuiria especialmente para pôr em xeque a ideia de método científico (GIL PÉREZ *et al.*, 2001). Com exceção das compreensões empirista-indutivista e aproblemática e a-histórica, as demais não foram indicadas explicitamente pelos formadores como objeto de discussão. Faz-se imperativo examinar como os processos de formação docente combatem a visão empirista-indutivista:

A discussão epistemológica que eu não faço é de epistemologia pura do tipo como a Ciência avança né? Mas, a discussão epistemológica do uso da experimentação, se ela tem o foco empírico, o quanto ela é indutivista, o quanto suas conclusões são indutivistas ou não, que tipo de tratamento eu posso não indutivista conferir a uma atividade prática, isso na verdade

está inserido nos artigos e aí essa discussão acaba saindo né? Como é que eu posso criar uma atividade de laboratório e não ser puramente empirista né? Quem vem primeiro né? A teoria ou a atividade experimental? (P8).

No relato, fica evidente a intenção de estudar epistemologicamente na licenciatura em Química a origem do conhecimento. Se a gênese do conhecimento não é a experiência sensível, como pressupõe o empirismo, também não parece adequado atribuí-la exclusivamente à razão, visto que a epistemologia contemporânea da Ciência (BACHELARD, 1996; CHALMERS, 1993) não desconsidera o papel que o “empírico” possui na construção do conhecimento. Contudo, admitir o papel do empírico na construção do conhecimento em dissonância com o empirismo, como é a posição assumida pelo professor, não significa obrigatoriamente se alijar de outras visões problemáticas do trabalho científico e da experimentação, como apontado anteriormente. Outro formador chama a atenção para a discussão sobre a não neutralidade na observação do experimento:

Do ensino desses componentes curriculares que de minha parte assim é o meu foco principal. Sempre procurar desenvolver, por parte deles, esse entendimento de que o conhecimento em sala de aula com experimento ele não é feito assim de forma empiricista-indutivista a partir da observação sensorial e eu vou enxergar a teoria lá. Não, ela é mediada né? A teoria que eu digo é pensando nos modelos teóricos né? Aplicativos mesmo da Química (P7).

A apropriação de conhecimentos científicos para poder observar cientificamente, como uma necessidade advertida pela moderna Filosofia da Ciência (HANSON, 1975), é um indicativo da não neutralidade da observação durante os experimentos. A não apropriação desses conhecimentos não faz da observação, todavia, um processo neutro. Caso contrário, acreditar-se-ia nos sujeitos como tabulas rasas e, por conseguinte, em “dados puros” oriundos da experiência sensível.

Formadores indicaram ainda uma abordagem histórica da experimentação como importante para os licenciandos:

A questão da experiência também como uma perspectiva histórica né? Discutindo o papel da experiência no desenvolvimento da própria

Química como Ciência, desde a alquimia, enfim como foi importante a experimentação. Isso é discutido também (P9).

Tratar da experimentação com o olhar da história da Ciência é uma forma de não a reduzir a um recurso didático. Na problematização da natureza epistemológica das atividades experimentais, é preciso situá-las na totalidade do trabalho científico, de modo que se aprenda a respeito do trabalho dos cientistas hoje e no passado, inclusive acerca das transformações na linguagem científica ao longo dos anos e como a experimentação contribui para tal (GONÇALVES, 2005). É relevante a abordagem histórica da experimentação se apoiar em uma perspectiva epistemológica contemporânea, de forma a não incorrer em interpretações pouco coerentes com as práticas científicas. De outra parte, é possível que a história da Ciência auxilie no planejamento da experimentação no âmbito do ensino. Dias (2004), por exemplo, explora analogias entre a metodologia experimental de Michael Faraday e aquela utilizada por estudantes de Física em atividades experimentais como uma maneira de colaborar para a aprendizagem. Essa aposta da autora não implica incentivar os iniciantes em Ciências a reproduzirem os caminhos realizados pelos cientistas.

Portanto, os formadores expressaram ações nas quais a discussão epistemológica se faz presente no estudo da experimentação. O combate à visão empirista-indutivista é amplamente exercitado pelos docentes, mas não ficou explícito no discurso deles o enfrentamento a outros entendimentos igualmente problemáticos no que diz respeito à construção do conhecimento científico, em geral, e à experimentação, em particular. Uma abordagem histórica das atividades experimentais foi da mesma maneira citada como importante.

O movimento contra-hegemônico em relação aos experimentos ilustrativos

Os formadores relataram que, há muitos anos, procuram combater as atividades experimentais como simples modo de ilustrar a teoria estudada previamente. A abordagem dos experimentos por redescoberta já possuía a intenção de ultrapassar a perspectiva puramente ilustrativa:

É claro que a gente passou por várias fases. Teve uma fase que eu talvez não tivesse tanta consciência sobre algumas questões né? A gente trabalhou muito com esta idéia da redescoberta né? Claro tinha sempre esta idéia de um ensino ativo, que o aluno fosse o agente, que ele fosse o sujeito do processo né? Mas, teve um determinado momento, realmente esse que a gente trabalhou muito com a redescoberta que parece assim que a gente desenvolvia um trabalho e que o aluno tinha que chegar num determinado final, um ponto final esperado né? Até a gente tomar consciência de que isso era um pouco ingênuo né? Eu digo a gente, nós e tal, porque essa discussão, esse modo não é meu. É sempre de um coletivo né? É de uma rede, é de um grupo de pessoas que vem discutindo isso né? Envolve [o próprio professor A, B], os colegas aqui do grupo, enfim. Então, no momento em que a gente se deu conta, assim, de que essa idéia da redescoberta ela era fechada, ela era muito indutiva. Enfim, aí nós mudamos radicalmente né? (P9).

O discurso do formador traz à tona a influência dos difundidos projetos de educação científica norte-americanos e ingleses no tratamento das atividades experimentais no cenário brasileiro, pois a crença na redescoberta — termo que pode ser caracterizado por uma polissemia — dos conhecimentos da Ciência por intermédio da experimentação era uma voz pujante em tais projetos mundialmente disseminados. Influenciados pela visão de Bachelard (1996) acerca da construção do conhecimento científico, afirma-se que talvez a redescoberta, como uma proposta para desenvolver experimentos, constitua-se em uma espécie de “erro epistemológico”. Com a intenção de incutir e transformar as atividades experimentais no ensino de Ciências de forma que valorizassem a participação dos estudantes como sujeitos cognoscentes, os formadores contribuíram na difusão de entendimentos problemáticos sobre o papel da experimentação. Além da redescoberta, outras propostas apareceram com intenções semelhantes e os docentes das componentes curriculares integradoras as incorporaram em suas práticas formativas. É o caso, por exemplo, dos experimentos por meio da resolução de problemas:

Eles normalmente optam por materiais que estão na rede; é muito comum, porque a gente tem uma parte da disciplina que é a coisa do uso da Internet. Uma coisa que eu tenho usado muito com eles [são sítios da Internet] e tem muitos bancos de experimentos, tem as experimentotecas, o [centro de divulgação X] também tem experimentoteca. Então esses alunos copiam essas coisas, trazem essas práticas e a gente discute. Como é que a gente pode adequar? Como é que eu posso acoplar isso com resolução de problema né? (P8).

A articulação entre atividades experimentais e resolução de problemas é uma das possibilidades de se distanciar dos chamados experimentos ilustrativos. A ferramenta computacional tem sido apontada como uma aliada importante nesta articulação, visto que pode colaborar em diversos aspectos, a saber: monitoramento e controle dos experimentos; estudo ou investigação de um número maior de fenômenos em comparação às atividades experimentais de bancada; e na utilização de técnicas inacessíveis se não fosse a presença do computador (HODSON, 1998). A experimentação na perspectiva da resolução de problemas pode contribuir, ao contrário dos experimentos puramente ilustrativos, para os estudantes realizarem previsões e analisarem resultados. Soma-se a isso o fato de poder favorecer a disseminação do entendimento de que a(s) resposta(s) a uma pergunta pode(m) ser obtida(s) por meio de diferentes métodos etc. Todavia, reafirma-se a necessidade de não caracterizar de forma reducionista a resolução de problemas, uma vez que tal resolução, em geral, não se restringe ao desenvolvimento de atividades experimentais.

Porém, não obrigatoriamente, como já afirmado, as atividades experimentais vinculadas à resolução de problemas se aproximam de uma perspectiva dialógica e problematizadora. O relato de um formador sobre as propostas de experimentos que procura abordar com os licenciandos está mais em sintonia com tal perspectiva do que com a de resolução de problemas:

Então, nós procuramos trabalhar a experimentação sempre vinculada a fenômenos próximos do aluno, que tenha significado pra vida do aluno e nós procuramos trabalhar sempre com uma problematização, tentando problematizar dois aspectos. Problematizar a realidade, problematizar a realidade que o aluno presencia, vamos dizer assim, e ao mesmo tempo problematizar o conhecimento do aluno. Quer dizer, problematizar a interpretação que o aluno faz da realidade né? Então, quando nós colocamos o aluno frente a um experimento a gente trabalha muito com questionamentos permanentes né? Porque a gente acredita muito no questionamento reconstrutivo, esse questionamento que vai ajudando o aluno a reconstruir o seu próprio conhecimento. Então, o experimento como uma das atividades, um dos meios né? De aprendizagem [...]. A gente lida muito nessa abordagem né? Trabalhar com objeto de conhecimento que tenha significado pro sujeito, que tenha relação com o cotidiano e numa abordagem sempre de problematização. Tentando problematizar a realidade que está sendo observada e, ao mesmo tempo, problematizar o conhecimento do aluno sobre essa realidade. Essa, em síntese, é a abordagem que a gente tem desenvolvido aqui com os nossos alunos (P9).

Subjacente à proposta problematizadora, citada pelo investigado, parece estar a preocupação em desenvolver um experimento acerca de um determinado assunto significativo para os alunos. De certa forma, é um escopo também de determinadas perspectivas de resolução de problemas quando se referem à necessidade de promover problemas autênticos, isto é, aqueles que se caracterizam, dentre outros aspectos, por serem de um contexto próximo dos alunos (REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000). Não se desconsidera a polissemia presente em expressões como “contexto próximo dos alunos” ou “cotidiano” — termo utilizado pelo pesquisado — mas em um viés dialógico e problematizador, tais expressões estão vinculadas à realidade local dos sujeitos que seria o ponto de partida até abordar o contexto mais global. De outra parte, esse viés procura, como mencionou o formador, “problematizar a interpretação que o aluno faz da realidade” — realidade no sentido exposto acima. Isso não se constitui em um consenso na multiplicidade de propostas de atividades experimentais associadas à resolução de problemas tratada na literatura e parece nem ser um ponto de discussão, pelo menos em grande parte dos trabalhos relativos a essa modalidade de experimento. No relato, aparece de forma implícita ainda a apreensão do conhecimento discente como uma condição essencial, pois o que se pretende é problematizar, simultaneamente, o conhecimento dos estudantes concernentes à realidade e a própria realidade.

Portanto, os formadores, ao longo dos anos, procuraram de diferentes formas transcender a ideia da experimentação como um simples modo de ilustrar a teoria estudada previamente. As sugestões de experimentos por redescoberta já eram uma tentativa contra a hegemonia dos experimentos ilustrativos ou de pura comprovação. Mais recentemente, a associação entre atividades experimentais e resolução de problemas foi impulsionada com a divulgação de trabalhos na literatura, mas que não obrigatoriamente estão em sintonia absoluta com um viés educacional dialógico e problematizador defendidos na pesquisa.

Conhecimentos sobre a experimentação: permanências e transformações

Os pesquisados comentaram a respeito das aprendizagens dos licenciandos em relação à experimentação no ensino de Química. Na compreensão de parte dos formadores, esta aprendizagem é caracterizado por uma “morosidade” na formação inicial:

Eu acho que ainda eles atuam nessa perspectiva [da comprovação], porque é muito forte, precisa de um trabalho de muito tempo para que isso possa ser mexido né? Que ele venha entender (P6).

O comentário do formador sugere uma reflexão acerca da contribuição da formação inicial na aprendizagem dos licenciandos concernente à experimentação e de outros assuntos pertinentes à docência. Apesar de os futuros professores não abandonarem seus conhecimentos iniciais, é imperativa a apropriação de conhecimentos novos. Isso está subentendido no relato de outro formador:

Eles chegam com essa visão e eu não sei até que ponto a gente consegue mudá-las. Em alguns casos a gente percebe isso de uma forma bem clara. Em outros a gente vê que não atinge muito, porque o aluno ele se adapta, ele vê que a gente tem um discurso, se a gente cobra isso numa avaliação, numa forma de agir ele responde do jeito que sabe que a gente quer ouvir. Mas isso não quer dizer, muitas vezes, que ele vai mudar a visão dele ou que ele vai mudar a prática né? E às vezes a gente no contato com os professores, que são ex-alunos nossos, a gente vê ainda esse discurso da dicotomia entre teoria e prática (P10).

A apropriação de novos conhecimentos não implica o abandono de outros conhecimentos, por isso, tal abandono não deveria se constituir no objetivo do formador, e sim a apropriação do conhecimento sistematizado. Como expõe Freire (1977), somente a ingenuidade tecnicista desconsidera a permanência dos antigos conhecimentos. Ao se contrapor implicitamente a uma visão que se aproxima de um relativismo, o mesmo autor assinala simultaneamente a importância da transformação dos conhecimentos. Portanto, a ideia de não abandono não significa a opção por um entendimento exclusivamente continuísta do processo de construção do conhecimento. Outro formador, ao perceber as permanências, identifica igualmente as transformações de forma mais explícita:

Então, eu vejo que o aluno nosso sai de um modo diferenciado. Claro que a gente não pode generalizar. Aquele aluno que passou todo o tempo apenas fazendo feijão com arroz ele normalmente é mais limitado. Mas, também ele acaba nem indo pra área da educação ou mais adiante ele se dá conta. Aquele que realmente se envolve, que vai, que faz, que participa, que discute, que reflete, ele é diferenciado, ele sai com um perfil assim muito interessante. E como nós trabalhamos com esse tutoramento desde o terceiro nível, quando eles chegam ao estágio eles já chegam

diferenciados, quer dizer, já chegam diferentes, já chegam com uma autonomia maior já querendo fazer atividade diferenciada. Porque antigamente o que acontecia? Eles chegavam ao estágio e não tinham passado por tudo isso. Aí que eles iam procurar uma escola, aí que eles iam se confrontar pela primeira vez com o aluno, aí a insegurança era total. Enfim, até realmente eles tomarem pé da coisa já tinha passado um semestre, a vivência era muito pequena (P9).

A transformação dos conhecimentos discentes a respeito da experimentação pode estar associada, segundo o investigado, com a reforma curricular na licenciatura, de modo que os futuros professores possam interagir com a escola mais intensamente durante a formação inicial. Isso se opõe aos cursos orientados mais fortemente pela racionalidade técnica, cuja interação com escola ocorre na fase terminal; o que atribui à “prática” um papel muito secundário na formação. Apesar dos esforços de formadores de cursos de licenciatura, ainda possivelmente organizados com base no modelo 3+1, em inserir os licenciandos nas escolas, é coerente imaginar as limitações desse modelo em comparação com uma formação inicial docente em dissonância com os pressupostos da racionalidade técnica.

O que se espera que os licenciandos aprendam sobre experimentação e a avaliação dessa aprendizagem são assuntos pontuados pertinentemente:

Eu não vejo que com a formação inicial eles já tenham feito a ruptura definitiva com essa concepção primeira né? Mas, eles iniciam a vivência dessa reflexão. Então, aprendeu ou não aprendeu eu não sei. Não é um conteúdo que a gente vai cobrar lá certo ou errado, mas todos eles, passando pela minha mão, eu diria que eles já iniciaram essa reflexão [...]. É um objeto de aprendizagem, de ensino? Sim, experimentação no ensino da Química (P7).

Há uma explicitação da dificuldade de avaliar as aprendizagens referentes à experimentação, e isso pode estar vinculado ao entendimento de aprendizagem do formador. A ideia de que não há abandono não significa um consentimento à pura permanência dos conhecimentos iniciais dos estudantes, pois implicaria a aceitação de uma visão antidialógica, tal como aquela que impõe os conhecimentos sistematizados sem considerar o conhecimento inicial dos aprendizes (DELIZOICOV, 1991).

Portanto, os pesquisadores em ensino de Química parecem entender a aprendizagem concernente à experimentação como um processo com permanências e transformações no que diz respeito ao conhecimento dos licenciandos. Reconhecem que os graduandos não abandonam seus conhecimentos iniciais acerca da experimentação, assim como há aprendizagens endossadas nas contribuições contemporâneas relativas a esse assunto.

O espaço de atuação do futuro professor e do químico

Os docentes apresentaram dificuldades de justificar as suas escolhas em relação ao que abordar, ou não, sobre a experimentação no ensino de Química. As justificativas analisadas, logo, mostraram-se tácitas nos discursos. Um critério mencionado foi o futuro contexto de atuação dos licenciandos e, nesse caso, foram consideradas as limitações de infraestrutura das escolas:

Teve outra discussão que nós tivemos, mas também não colou muito é a dos materiais muito pequenos, lembra? Até o professor morreu, ele era da [instituição J] me parece. Ele fazia equipamentos em microescala. O nome era “experimentos em microescala” né? Então, também o professor [Z] trabalhou com isso aqui, mas isso nunca me cativou assim né? Porque pra fazer em microescala tu precisas equipamento né? Então, o equipamento de repente é tão caro quanto o equipamento grande né? E, além disso, na sala de aula ele perde o sentido né? Porque, ou tu tens microescala pra todo mundo, porque o experimento na escola ele tem que ser visível né? Então, nisso não prestei muita atenção (P6).

O formador aponta o problema de recursos na escola como um fator limitante para desenvolver experimentos em microescala. Em consequência, não aborda essa modalidade de atividade experimental entre os licenciandos. Ou seja, é um artefato que não auxilia o enfrentamento do problema relativo à não realização de atividades experimentais na educação básica, apesar da sua importância na redução de resíduos, especialmente na educação superior. Esse discurso, portanto, relevante no âmbito da educação superior — como foi destacado na análise dos artigos — tem pouco efeito na concretização do inédito viável, a saber: a promoção de experimentos na escola. O argumento utilizado para não usar experimentos em microescala é o mesmo que justifica a escolha pelos materiais alternativos e o incentivo na formação inicial ao seu emprego.

O espaço da escola também justificaria a abordagem da experimentação, dentre outros aspectos, como motivadora:

E a gente vai trabalhar com eles muito na perspectiva de experimentação pro ensino médio. Então, como professor eles devem saber preparar um experimento, eles devem saber avaliar um roteiro experimental, avaliar a periculosidade daquela atividade né? Pra desenvolver com alunos do ensino médio. Avaliar a questão de resíduos que hoje se coloca como tão importante, até um tempo atrás a gente não dava importância. Então o enfoque é: como é que você, enquanto professor, realiza experimentação na escola, seja no laboratório ou na sala de aula? Como é que você trabalha isso? Que tipo de experimentação? Qual é o objetivo da experimentação naquele contexto? [...] E nesse contexto [da escola] a experimentação tem um caráter motivador, ela tem um caráter instigador né? A gente trabalhava muito com os alunos a questão da atividade ser uma forma de despertar o interesse, a curiosidade do aluno pra ele aprender certos conceitos. Porque a gente tava trabalhando sempre nessa perspectiva de professor de Química né? Na formação de professores (P10).

Disseminar nas componentes curriculares integradoras a ideia das atividades experimentais como motivadoras pode ser um indicativo do quanto visões contestadas, relativas a esse assunto, podem perdurar na formação docente. Há muitos anos, se tem apontado o fato de os experimentos não motivarem de forma incondicional (DIAS, 2004; HODSON, 1994). Essa crença nas atividades experimentais como motivadoras não será combatida por meio exclusivamente de evidências empíricas, pois aqueles que compartilham tal crença parecem enxergar motivação em todas as partes quando se realizam experimentos, caso contrário, não sustentariam esse posicionamento. Um caminho pode ser o apoio nos argumentos da psicologia contemporânea a respeito da motivação e das suas repercussões para a aprendizagem, por exemplo. Atualmente, já se sabe que não obrigatoriamente quanto maior for a motivação maior será o desempenho ou a aprendizagem discente (BZUNECK, 2001). Mesmo quando se advoga em prol de experimentos motivadores (LABURÚ, 2006), há um reconhecimento de que esses podem contribuir apenas de forma parcial e temporária. Às vezes, a valorização das atividades experimentais como motivadoras na literatura em Didática das Ciências pode ser fruto de uma identificação e uma formulação inadequadas do problema da motivação no espaço escolar. Ou seja, não parece correto reduzir essa discussão somente ao âmbito da sala de

aula, cujos sujeitos — alunos e professores — estão inseridos em um contexto mais amplo. No entanto, pode estar subjacente no entendimento do investigado exatamente a ideia de que as características dos alunos, em certas ocasiões nomeados de apáticos e alienados, entre outros aspectos (LABURÚ, 2006), são impulsionadoras da aposta na motivação por meio das atividades experimentais. É importante lembrar que até entre cientistas existem aqueles com “aversão” aos experimentos — é candente a divergência entre pesquisadores “teóricos” e “experimentais” em áreas como Biologia, Física e Química — por mais “atraentes ou cativantes” que venham a ser.

Além do futuro espaço de atuação dos licenciandos, justificaram-se os conteúdos abordados acerca das atividades experimentais com base em um lócus de ação do químico, isto é, o laboratório como um lugar de produção de conhecimentos:

Eu acho que uma delas é o fato de que a Química tem enquanto o seu contexto de profissão, de validação, o laboratório, a experimentação né? E aí você pode usar este mote aí pra trazer por vários outros motivos. Ah, porque ela ajuda na criação de um contexto argumentativo pra que a aula né? Saia do lugar, não fique sem uma base empírica, vamos dizer assim. Acho que essa coisa da base empírica ainda é muito forte e é muito necessária mesmo assim para os alunos (P8).

Como afirmado anteriormente, se a dimensão empírica, segundo a epistemologia contemporânea, cumpre um papel na construção do conhecimento químico, supõe-se que o processo de ensino e aprendizagem da Química ocorra de forma semelhante. No fragmento, fica implícita a compreensão de que a produção de conhecimento nos laboratórios — não exclusivamente neles — se insere em um “contexto argumentativo”. Tal contexto precisaria, da mesma forma, estar presente nos laboratórios didáticos de modo a favorecer a aprendizagem. Logo, o critério apontado pelo formador não significa dizer que, para aprender Ciência por meio de experimentos, é necessário utilizar os mesmos métodos, ou percorrer os mesmos caminhos dos cientistas.

A escola, portanto, constitui um dos critérios dos formadores para determinar o que ensinar, ou não, a respeito da experimentação no ensino de Química. A infraestrutura da escola, por exemplo, tem implicações na proposição dos materiais utilizados nos experimentos. O laboratório, na condição de espaço de produção do conhecimento químico,

foi igualmente apontado como critério para escolher os conteúdos relativos à experimentação.

O conhecimento inicial dos licenciandos sobre a experimentação

Os professores das componentes curriculares integradoras relataram ações que expressam suas intenções de apreender tenazmente o conhecimento dos licenciandos acerca da experimentação. Esse conhecimento inicial é que justifica a escolha por determinados conteúdos relativos às atividades experimentais. Tal critério de eleição apareceu, na maioria dos casos, implicitamente no discurso dos formadores. Foi recursiva a sinalização de uma abordagem de caráter epistemológico devido aos conhecimentos dos licenciandos:

Então, o que eu diria pra você? Que a justificativa, ela tá relacionada com a própria compreensão de que existem as Ciências como a Química que historicamente foram feitas mediante à participação de laboratório. [...] as pessoas já sabem que o conhecimento vem do químico né? Que de certa forma os químicos constroem esse conhecimento em laboratório, construíram historicamente em laboratório. Então, não é algo que se ensine isso, as pessoas já vêm aprender Química com essa primeira impressão eu acho né? A impressão primeira de que a Química ela veio desse contexto né? E aí provavelmente com uma visão muito ingênua ainda de que o cientista vai lá descobrir essas verdades já inscritas na natureza antes né? Se eu digo que é “a priori” essa visão de que a Química vem de um contexto onde os químicos vivem em laboratórios eu não quero com isso dizer que nós tenhamos que manter aquela visão simplista, primeira, ingênua de que o cientista encontrou essas verdades que estavam já antes, “a priori” lá na realidade né? Então, não fazer essa discussão que eu chamo de epistemológica numa aula com experimentação na licenciatura né? Eu penso que é incorrer na possibilidade de depois o futuro professor chegar à escola e quem sabe já desenvolver um experimento com os estudantes esperando que eles também descubram aquilo que o químico já descobriu né? A partir da observação sensorial a situações experimentais (P7).

A explicitação do conhecimento discente é um ato imperativo em uma prática docente dialógica e problematizadora (FREIRE, 1996). Embora o formador possa prever as visões sobre experimentação dos seus alunos, é importante proporcionar um momento no qual estes exponham seus entendimentos em torno do assunto, de modo que o docente possa problematizá-los no grande grupo. Essa problematização, então, contribuiria para

criar entre os estudantes a necessidade de apropriação de um conhecimento inédito que, de acordo com o fragmento acima, seria aquele relacionado com questões epistemológicas da experimentação na Ciência e no ensino. Para o formador, os momentos de aprendizagem acerca das atividades experimentais podem transcender aqueles destacados pelos investigados ao longo da pesquisa. Os programas televisivos, o cinema e as revistas são meios pelos quais se pode difundir visões de Ciência estereotipadas pouco coerentes com a prática científica. As “descobertas científicas”, no sentido exposto pelo investigado, são uma dessas visões estereotipadas de Ciência, e a formação inicial tem o dever de problematizá-las. Outra discussão de cunho epistemológico se baseia no conhecimento inicial dos alunos a respeito da relação entre “teoria” e “prática”:

Então, isso a gente trabalha também, porque é importante eles se darem conta disso né? Essa idéia da experimentação apenas ilustrar algo né? Porque no início a linguagem dos nossos alunos é essa, fazer uma experiência, que eles dizem né? Fazer uma experiência pra ilustrar, depois da teoria. Então, a gente sempre discute essa questão: que significado tem fazer um experimento depois da teoria, que significado tem isso? Os alunos até dizem no início assim: “ah a gente dá aula e depois faz a experiência”. Então, todas essas questões a gente discute né? Pra fazer com que os alunos deixem de serem ingênuos em relação a esse aspecto né? Então, aí toda uma questão epistemológica que tá por trás (P9).

A importância de abordar as diferentes compreensões epistemológicas sobre a relação entre “teoria” e “prática” se assenta nas facetas que o “experimentalismo” pode assumir. Ou seja, há aquela, assinalada pelo formador, na qual a experimentação tem a função de ilustrar uma teoria estudada previamente ou, no outro extremo, a que acredita na experiência sensível como fonte do conhecimento. Como se destacou anteriormente, ambas as formas de entender as atividades experimentais estão presentes entre os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. A apreensão dessa contradição entre os licenciandos poderia constituir um tema a ser abordado na formação inicial de professores.

Enfim, o conhecimento inicial dos estudantes da licenciatura concernentes à experimentação é um dos pontos de partida para os formadores selecionarem os assuntos relativos a esse conteúdo abordados em suas aulas. O enfoque epistemológico defendido pelos formadores, por exemplo, baseia-se justamente nas visões dos futuros docentes a respeito do papel das atividades experimentais.

A modo de conclusão

Os formadores das componentes curriculares integradoras explicitaram diferentes espaços para explorar o ensino sobre as atividades experimentais, mas não mostraram um consenso quanto à possibilidade de uma componente curricular unicamente em torno da experimentação. Sinalizaram também a importância da interlocução teórica e com a escola para favorecer as aprendizagens relativas às atividades experimentais que, de acordo com o depoimento dos formadores, não parecem ocorrer na ausência absoluta de situações-limite relacionadas ao processo formativo. Os docentes assinalam ainda conteúdos acerca da experimentação e critérios para selecioná-los. Contudo, nem sempre conseguem ter convicção de que tais conteúdos são efetivamente apropriados pelos licenciandos.

De certo modo, o diálogo com os pesquisadores em ensino de Química apontou conhecimentos sobre a experimentação que precisam ser problematizados nos processos de formação de professores de Química, que inclui também aqueles atuantes na educação superior. Os comentários dos pesquisadores acerca da experimentação, principalmente em torno dos conhecimentos dos licenciandos — e em determinados momentos até dos professores da educação básica — reforça mais uma vez a tese defendida, qual seja, a de que a problematização das atividades experimentais na formação professores e no ensino de Ciências precisa considerar a necessidade de problematizá-las no exercício docente e no desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Ciências Naturais. Parte dos relatos dos pesquisadores indicou que às vezes o estudo das atividades experimentais na formação inicial de professores de Química, de certa forma, está em sintonia com a perspectiva dialógica e problematizadora aqui defendida, sobretudo, quando tal estudo busca dialogar com o conhecimento inicial dos licenciandos acerca das atividades experimentais. Como também ficou explícito no texto analítico, outra característica da abordagem da experimentação na licenciatura e que pode estar em harmonia com o viés dialógico e problematizador é aquela que procura associar a ação e a reflexão (teórica). Em outras palavras, considera-se que o depoimento dos pesquisadores em ensino de Química sinalizou, em alguma medida, modos de desenvolver uma formação docente em harmonia com a perspectiva dialógica e problematizadora defendida na tese.

Síntese e encaminhamentos

Inicialmente, apresentamos as visões integrantes de uma consciência real (efetiva) e de uma consciência máxima possível entre os formadores. Recorremos à epistemologia de Fleck (1986) e, de modo especial, à de Bachelard (1976) para interpretar, juntamente com o entendimento freireano de educação, a constituição da consciência real (efetiva) e da consciência máxima possível e suas implicações para a formação de professores. Com base no até aqui exposto, realizaram-se comparações entre o discurso dos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e aquele dos formadores das componentes curriculares integradoras, além de sugestões de temas de pesquisa e de conteúdos relacionados à experimentação, dentre outros aspectos.

A constituição da consciência real (efetiva) e da consciência máxima possível acerca da experimentação e as implicações teóricas e metodológicas

A análise das propostas de experimentos da seção *Educação* do periódico *Química Nova* e das entrevistas com os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico possibilitou identificar visões constituintes de uma consciência real (efetiva) e de uma consciência máxima possível relativas à experimentação e, em consequência, características relevantes às atividades experimentais.

Comprendemos que um constituinte da consciência real (efetiva) concernente à experimentação é o entendimento comportamentalista do processo educacional e a visão antropocêntrica de “meio ambiente”, pois possuem implicações indesejáveis para a apropriação dos conteúdos — o que inclui os atitudinais — e na forma de entender, por exemplo, o tratamento e a prevenção dos resíduos. Aliás, a taciturnidade em torno do tratamento e da prevenção dos resíduos em sugestões de experimentos foi, da mesma maneira, identificada como constituinte de uma consciência real (efetiva), assim como a compreensão das atividades experimentais como a melhor maneira de ensinar os conceitos, visto que isso remete à ideia de um método universal para ensinar tais conteúdos. Em outras palavras, significaria afirmar que as atividades experimentais são promotoras incondicionais da aprendizagem.

Ainda em relação aos conteúdos, apareceu a compreensão das atividades experimentais como um meio de exemplificar aspectos do cotidiano discente associados a conceitos. O resultado da exemplificação por meio dos experimentos seria a aprendizagem dos conceitos e um melhor entendimento do “cotidiano”. Tal visão, no entanto, integra uma consciência real (efetiva) a respeito das atividades experimentais, pois não necessariamente essa abordagem do cotidiano discente, conforme argumentado previamente, implica uma compreensão complexa desse “cotidiano” e dos próprios conteúdos.

Um discurso mais tradicional sobre a experimentação e que a concebe como forma de demonstrar/comprovar/verificar uma teoria surgiu igualmente entre autores de artigos e formadores. É um discurso criticado na literatura em Didática das Ciências juntamente com aqueles que valorizam a observação neutra nos experimentos e a ideia de método científico universal e perfectível. Por isso, apesar de parcialmente presentes nos textos analisados, esses discursos são do mesmo modo interpretados como constituintes de uma consciência real (efetiva). Parte dos formadores explicitou também a crença na experimentação como origem do conhecimento, especialmente quando se trata da Ciência e não do ensino.

Ao mesmo tempo, a consciência real (efetiva) foi marcada pela convicção na experimentação como causadora irrestrita da motivação discente. Essa motivação pode ser explicada, às vezes, como resultado da estética do experimento, isto é, colorido, com explosões etc. A valorização da dimensão estética isenta, por exemplo, de um respeito à integridade física dos estudantes ou minimamente preocupada com a apropriação do conhecimento, pode ser outro entendimento constituinte de uma consciência real (efetiva). Porém, esse tipo de valorização não foi uma característica dos textos analisados.

Entre as visões integrantes de uma consciência máxima possível está justamente a que inclui o respeito à integridade física dos estudantes e ao meio biótico e abiótico, quando se refere a aspectos, tais como a geração, minimização, reutilização e tratamento dos produtos das atividades experimentais. Constituiria ainda uma consciência máxima possível relativa ao discurso ambiental vinculado à experimentação o combate a uma perspectiva comportamentalista de educação, aspecto fundamental para a aprendizagem de conteúdos escolhidos explicitamente pelos professores, inclusive os atitudinais. O ensino de atitudes apareceu de forma menos expressiva no discurso dos autores de propostas de experimento, porém, entendemos a sua inclusão em tais propostas como constituinte de uma consciência

máxima possível. A aprendizagem de conteúdos atitudinais pode ser favorecida pela inserção de experimentos “contextualizados” e orientados por uma abordagem CTS. A ênfase na “contextualização” e na abordagem CTS foi uma característica de propostas de experimentos.

Em relação aos conteúdos, em sugestões de atividades experimentais, foi possível identificar um discurso que procura incutir a experimentação em uma perspectiva educacional não restrita a uma visão puramente disciplinar e fragmentada. Essa compreensão das atividades experimentais pode ser caracterizada como constituinte de uma consciência máxima possível acerca desse assunto, bem como aquela com elementos de um viés dialógico e problematizador de educação, pois, além de contribuir para a aprendizagem dos estudantes, supera características antigas da experimentação, como a sua limitação em “comprovar” uma teoria. Outra interpretação importante sob a ótica de um viés dialógico e problematizador é a de que as atividades experimentais precisam apreender o conhecimento inicial dos alunos e favorecer a apropriação de um conhecimento novo para eles.

A compreensão de como promover experimentos em ambientes com carência de recursos materiais também é essencial dentro de uma consciência máxima possível em torno da experimentação. Entender os experimentos com materiais alternativos como um modo de desenvolvê-los em condições adversas é relevante para enfrentar essa situação-limite nas instituições de educação superior e, sobretudo, de educação básica. Isso não significa negar, como apareceu nas sugestões de experimentos, a presença de equipamentos mais sofisticados, visto que tal presença pode ser, por exemplo, condição e consequência à redução de resíduos.

Da mesma maneira, o incentivo ao uso das ferramentas computacionais articuladas aos experimentos pode ser uma visão integrante de uma consciência máxima possível, especialmente quando propicia a realização das atividades experimentais em condições adversas. Os entendimentos, embora tácitos, de que os experimentos precisam se caracterizar pela relação entre estética e ética são igualmente exemplos de visões constituintes de uma consciência máxima possível, assim como aqueles para os quais o erro precisa se constituir como um ponto de diálogo com a finalidade de colaborar na apropriação de um conhecimento novo para estudantes.

A consciência real (efetiva) e a consciência máxima possível sobre as atividades experimentais não são interpretadas neste trabalho de forma dicotômica. Elas poderiam integrar o que Freire (1977) chama de estruturas verticais e estruturas horizontais³⁹. Na definição do autor:

A “estrutura vertical” constitui o quadro das relações de transformação homem-mundo. É com os produtos desta transformação que o homem cria seu mundo — o mundo da cultura que se prolonga no da história. Este domínio cultural e histórico, domínio humano da “estrutura vertical”, se caracteriza pela intersubjetividade, pela intercomunicação. Se esta intercomunicação, não obstante só existisse dentro de uma mesma unidade “epocal” não haveria continuidade histórica. Esta, que é indubitável, se explica na medida em que a intersubjetividade, a intercomunicação, sobrepõem a interioridade de uma unidade “epocal” e se estendem até a seguinte. Esta solidariedade intercomunicativa entre unidade “epocais” distintas constitui o domínio da “estrutura horizontal” (FREIRE, 1977, p.60).

Do mesmo modo que Freire (1977) explora os conceitos de estrutura vertical e horizontal para enfrentar a ideia de que a transformação de conhecimentos implica abandono imediato destes, ou em divisões rígidas entre os conhecimentos velhos e novos, também os entendemos como ferramentas analíticas importantes para interpretar a convivência entre uma consciência real (efetiva) e uma consciência máxima possível relacionadas à experimentação. A presença, entre os formadores das componentes curriculares integradoras, do discurso que entende as atividades experimentais como motivadoras é um exemplo do quanto uma visão há muito tempo contestada — haja vista as considerações de Bachelard (1996) na primeira metade do século passado referentes à experiência primeira — perdura nas discussões de especialistas em ensino de Ciências. Foi notável, no entanto, o aparecimento de tal discurso de forma mais intensa entre os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico/autores de propostas de experimento.

³⁹ Freire (1977) utiliza os conceitos de estrutura vertical e horizontal baseado no trabalho de Eduardo Nicol.

Em síntese, a estrutura vertical e a estrutura horizontal — quando tomadas como conceitos — auxiliam a compreender a apropriação de conhecimentos como um processo que envolve o binômio continuidade-descontinuidade, assim como propuseram epistemólogos, a exemplo de Fleck (1986), ao destacar que o novo estilo de pensamento possui elementos dos estilos de pensamento anteriores — o velho no novo — e Bachelard (1976), ao argumentar, em sua noção de perfil epistemológico, acerca da permanência de ideias filosóficas diferenciadas no desenvolvimento da Ciência. Aliás, a noção de perfil epistemológico parece se aproximar, em certa medida, da abordagem de Freire (1977) a respeito das estruturas verticais e horizontais.

O ensaio sobre articulações entre categorias de Fleck e Bachelard com aquelas exploradas por Freire pode contribuir para entender a apropriação da temática experimentação como um conteúdo da formação docente. Por exemplo, as categorias consciência real (efetiva) e consciência máxima possível (FREIRE, 2005) podem se aproximar, devido às acepções apresentadas durante a tese, à categoria estilo de pensamento (FLECK, 1986). Assim, a consciência real (efetiva) e a consciência máxima possível em torno da experimentação, caracterizadas previamente, estariam vinculadas a determinados estilos de pensamento em ensino de Ciências que mereceriam ser convenientemente analisados. A possibilidade de associação da consciência real (efetiva) e da consciência máxima possível com a categoria estilo de pensamento reforça a análise realizada neste trabalho com base na categoria fleckiana circulação inter e intracoletiva, que discutiremos mais adiante. Soma-se a isso a possibilidade de também haver uma aproximação entre as categorias situações-limite (FREIRE, 2005) e complicações (FLECK, 1986).

A categoria complicações se assemelha ao que Kuhn (1975) denominou de anomalia⁴⁰ em sua análise posterior da construção do conhecimento na Física, particularmente. A anomalia estaria relacionada com problemas que o paradigma (KUHN, 1975) vigente não consegue explicar e cuja consequência é uma crise na área de estudo. De

⁴⁰ A comparação entre as epistemologias fleckiana e kuhniana se justifica pelo fato de Kuhn (1975) ter admitido implicitamente a influência de Fleck (1986) na sua análise da construção do conhecimento científico. A literatura (DELIZOICOV *et al.*, 2002) apresenta comparações entre as categorias de ambos os epistemólogos.

forma semelhante, as complicações estão vinculadas a limitações do estilo de pensamento para enfrentar determinado problema. Comparativamente, ao nível da consciência real (efetiva), os sujeitos não conseguem transcender as situações-limite que, para Freire (2005), são obstáculos ou problemas desfavorecedores do movimento do “ser ao ser-mais”. Nesse sentido, uma contribuição da circulação inter e intracoletiva seria favorecer a “tomada de consciência” das complicações relativas aos estilos de pensamento ou de uma consciência real (efetiva) e das situações-limite a ela relacionadas e, por conseguinte, colaborar no enfrentamento das complicações ou situações-limite. Relembramos que os estilos de pensamento vinculados à formação docente em ensino de Ciências e as respectivas complicações merecem ser convenientemente analisados. Todavia, a identificação neste trabalho de situações-limite associadas à circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação é sugestiva de elementos constituintes da complicação associada à formação de professores. Outros elementos dessa complicação são discutidos por Gonçalves, Marques e Delizoicov (2007).

Por outro lado, a categoria consciência real (efetiva) parece se aproximar do que Bachelard (1996) denominou de obstáculos pedagógicos. Para o autor, no desenvolvimento da Ciência, é possível identificar causas de inércia — cunhadas de obstáculos epistemológicos — e que, quando examinadas na educação, são chamadas de obstáculos pedagógicos. A consciência real (efetiva) caracterizada neste estudo investigativo a respeito da experimentação pode se apresentar, de forma análoga aos obstáculos pedagógicos, como causa da dificuldade de promover a aprendizagem discente por meio da experimentação. A experiência primeira (BACHELARD, 1996) é um dos obstáculos analisados pelo epistemólogo. Uma de suas peculiaridades, parcialmente presente no discurso de autores de artigos e interpretada como constituinte de uma consciência real (efetiva), é o fato de os professores desenvolverem experimentos coloridos, cheios de imagens e marcantes com o suposto potencial de “atrair a atenção dos alunos”. Segundo o epistemólogo, no ensino elementar, tais experimentos são *falsos centros de interesse*, nos quais se substitui a construção do conhecimento pela admiração. Além desse obstáculo oriundo de uma ação pedagógica, apontamos outro sinalizado por Zanetic (2006), ao criticar a abordagem dos conteúdos nos textos didáticos, isto é, o de que tais conteúdos são apresentados como definitivamente verdadeiros e decorrentes de um “método científico” alicerçado no

empirismo. A ideia de “método científico” esteve inserida, em parte, nas propostas de experimentos analisadas, e a caracterizamos anteriormente como integrante de uma consciência real (efetiva) relativa às atividades experimentais. Entretanto, de acordo com a argumentação exposta, essa ideia também poderia se configurar como um obstáculo pedagógico no ensino de Química por meio da experimentação, sobretudo por atear o entendimento de que se aprende Ciência em sala de aula pelos mesmos “métodos” utilizados para produzir conhecimento academicamente novo e por valorizar a existência de um único “método científico”.

E se, como afirmou Bachelard (1976, p.68), “um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar”, por que não — parafraseando o próprio epistemólogo — supor a possibilidade de um perfil epistemológico da experimentação ou um perfil experimental entre os professores de Ciências, de modo que tal perfil possa igualmente ser marcado por obstáculos pedagógicos — ou por uma consciência real (efetiva) — relacionados à experimentação no ensino? Bachelard (1976) destaca na noção de perfil epistemológico que a explicação ou exposição de um conceito científico, como o de massa, está condicionada pela influência de diferentes doutrinas filosóficas. Ao examinar as filosofias presentes no seu perfil epistemológico do conceito de massa, mostra o predomínio da noção racionalista de massa seguida de outras balizadas, por exemplo, pelo empirismo e pelo realismo. Analogamente, há indicativos na pesquisa de que um único docente pode possuir visões sobre a experimentação assentadas em perspectivas epistemológicas diferenciadas. Isso está mais evidente na categoria “contradições acerca da experimentação”, ao se analisar o discurso de formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. Particularmente quando os docentes expressaram suas visões dos experimentos desenvolvidos nos laboratórios didáticos e na Ciência, emergiram as diferenças epistemológicas que balizam as visões. O binômio continuidade-descontinuidade se mostra presente nessas visões, dado que os entendimentos da experimentação na Ciência — experimentos com papel epistêmico — e no ensino — experimentos com papel pedagógico — são diferentes e, portanto, haveria uma descontinuidade. O que se imagina realizar nos laboratório de pesquisa não ocorre, segundo parte dos investigados, nos laboratórios didáticos. Porém, a experimentação é uma ferramenta na Química que representa uma continuidade entre pesquisa e ensino, no sentido

de que é utilizada nos processos de construção do conhecimento novo e na apropriação dos conhecimentos socialmente estabelecidos pela comunidade científica. A explicitação de compreensões fortemente continuístas entre a experimentação da Ciência e aquela do ensino ocorre, por exemplo, quando se enfatiza a necessidade de realizar as atividades experimentais didáticas sob orientação de um suposto “método científico” universal e infalível. A aclamação pelo “método científico” nos experimentos com um papel pedagógico, ao se caracterizar como um entendimento continuísta, não significa que qualquer analogia — em termos metodológicos — entre a experimentação no ensino e na Ciência deve ser pautada, da mesma maneira, em uma visão exclusivamente continuísta.

Existem outros teóricos, às vezes apoiados na própria noção de perfil epistemológico, que compartilham da tese de que os sujeitos podem apresentar diferentes modos de conceber uma determinada realidade. É o caso do trabalho de Mortimer (2000), ao construir a noção de perfil conceitual para interpretar a evolução das ideias dos alunos no espaço da sala de aula. Outros autores, como Zanetic (2006) e Delizoicov (1991), também exploram a noção bachelardiana de perfil epistemológico na área de ensino de Ciências Naturais. O desafio de elaborar uma noção de perfil epistemológico da experimentação ou um perfil experimental, como um instrumento analítico, poderia ser construído com base nas pesquisas em ensino de Ciências sobre as compreensões docentes a respeito da experimentação e na própria história e epistemologia da Ciência.

A noção de perfil epistemológico da experimentação associada à perspectiva dialógica e problematizadora, defendida neste trabalho, traria implicações para a abordagem da experimentação como um conteúdo da formação de professores de Ciências Naturais dos diferentes níveis de ensino. Em primeiro lugar, seria escopo da ação docente apreender o perfil epistemológico da experimentação ou o perfil experimental — constituído por uma consciência real (efetiva) e uma consciência máxima possível acerca do assunto — que, por sua vez, tornar-se-ia objeto de problematização ao longo do processo formativo, de tal forma que houvesse uma “tomada de consciência” por parte dos aprendizes dos seus perfis epistemológicos da experimentação ou dos seus perfis experimentais. O momento de apreensão dos perfis poderia se configurar como uma investigação docente, a qual contribuiria no desenvolvimento profissional dos formadores — como retomaremos mais adiante. Na tomada de consciência dos perfis dos

“licenciandos”, o professor precisa identificar, especialmente, os elementos integrantes da consciência real (efetiva) relativa à experimentação, ou os obstáculos pedagógicos, que dificultariam a aprendizagem por meio das atividades experimentais. Em outras palavras, seria necessário os professores em formação inicial ou em serviço se envolverem em um processo promotor da localização, formulação e explicitação de um problema (ou mais de um) que não conseguem identificar ou responder com os seus conhecimentos ou, na linguagem fleckiana, com os seus estilos de pensamento (GONÇALVES; MARQUES; DELIZOICOV, 2007)⁴¹. O problema precisaria, então, suscitar a apropriação de um conhecimento novo para os professores sem o qual é pouco provável a sua “solução”. Esse problema, ao mesmo tempo, precisa favorecer a apreensão dos conhecimentos (pedagógicos, epistemológicos etc) docentes ou, como argumentamos, do perfil epistemológico da experimentação. Isso propicia localizar as possíveis contradições e limitações desses conhecimentos, devidamente problematizados no processo formativo. Tais características do problema contribuem para que este tenha um significado para os professores submetidos ao ato educativo, bem como aos conhecimentos — inéditos para os docentes — desenvolvidos para “solucionar” o problema. Essa definição de problema é assinalada por Delizoicov (2005) como uma problematização e se encontra em sintonia com a perspectiva educacional freireana que defende o processo de codificação-problematização-descodificação como importante no movimento da consciência real (efetiva) à consciência máxima possível. A esse respeito Freire destaca:

Promovendo a percepção da percepção anterior e o conhecimento do conhecimento anterior, a descodificação, desta forma, promove o surgimento de nova percepção e o desenvolvimento de novo conhecimento.

A nova percepção e o novo conhecimento [...], se prolongam, sistematicamente, na implantação do plano educativo, [...] com a superação da “consciência real” pela “consciência máxima possível” (FREIRE, 2005, p. 127-128).

⁴¹ Para aprofundar a discussão sobre as possibilidades formativas no desenvolvimento profissional de formadores de professores de Química com um olhar sustentado na epistemologia fleckiana, recomenda-se consultar Gonçalves, Marques e Delizoicov (2007).

A passagem acima parece tornar mais explícito o papel da descodificação na promoção da consciência máxima possível que, aliás, não é estática, pelo contrário, possui um caráter histórico, está sempre em devir. Com base nessas considerações freirenas, sugere-se a experimentação como uma codificação a ser descodificada no desenvolvimento profissional dos formadores e na formação inicial e continuada de professores. Freire (2005) acrescenta que a descodificação significa analisar criticamente a situação codificada⁴², isto é, a situação existencial representada; no caso deste trabalho, a experimentação no ensino de Ciências. A concretização em sala de aula do processo de codificação-problematização-descodificação pode ser alcançada com o auxílio dos momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV, 2005).

Os momentos pedagógicos são estruturalmente relacionados e, na problematização inicial, são apresentadas situações reais de conhecimento dos discentes sobre as quais eles precisam expor suas interpretações. A partir de questões propostas, o professor pode apreender as interpretações e problematizá-las com a finalidade de identificar as possíveis contradições no conhecimento dos estudantes, bem como suas lacunas. Soma-se a isso, como afirmamos anteriormente, a importância de a problematização fomentar a necessidade de apropriação de um conhecimento inédito para os alunos. Seria exatamente no momento da problematização inicial que o formador precisaria apreender aquilo que denominamos *a priori* de perfil epistemológico da experimentação ou o perfil experimental dos aprendizes.

No segundo momento, o conhecimento inédito é apresentado aos discentes por meio de atividades diversas a fim de compreender o tema em estudo. No terceiro momento, permite-se aos discentes realizar a análise de situações relacionadas ao tema e que possibilitam utilizar o conhecimento apropriado. Em síntese, os processos de formação de professores, ao abordarem a experimentação como um tema, podem ser metodologicamente organizados com base nos momentos pedagógicos.

As próprias atividades experimentais desenvolvidas nas componentes curriculares de conteúdo específico poderiam ser planejadas de maneira a incorporar, integral ou parcialmente, os momentos pedagógicos. A utilização dos momentos pedagógicos para

⁴² A apresentação codificada pode ocorrer por meio de distintos canais de comunicação, como o oral, o visual, o gráfico etc. (FREIRE, 2005).

planejar os experimentos é uma possibilidade para inserir, em parte, as características importantes à experimentação identificadas nesta pesquisa. Isso não significa a defesa de um método único para a experimentação, pois o que se propõe é a presença de princípios teórico-metodológicos, a saber: a problematização e a dialogicidade. Um exemplar de experimento em sintonia com características apreendidas da análise de dados é apresentado por Galiazzi *et al.* (2005) com a potencialidade de ser realizado na educação superior e básica. Tal exemplar não está fundamentado nos momentos pedagógicos e, portanto, reforça o argumento de que a inclusão de características relevantes às atividades experimentais aqui apontadas não teria como via exclusiva os momentos pedagógicos.

Ainda sobre a noção de perfil experimental — na condição de desafio, insistimos — na qual se acredita que os sujeitos possuem, por exemplo, diferentes visões epistemológicas a respeito da experimentação, não implica consentir um relativismo que valorizaria igualmente as diferentes compreensões acerca das atividades experimentais, pois, no entendimento dialógico e problematizador de educação assumido, a transformação dos conhecimentos iniciais dos aprendizes é um aspecto imperativo. Como ressalta Freire (1977), a existência da cultura está relacionada com a contradição da permanência e da mudança. Por outro lado, de modo semelhante ao proposto na noção de perfil epistemológico, no qual pode se destacar uma determinada orientação epistemológica em detrimento de outras, seria admissível em um perfil epistemológico da experimentação haver também um realce de certa perspectiva epistemológica. Em suma, a apreensão de um perfil epistemológico da experimentação se mostra em sintonia com o argumento dos formadores atuantes nas componentes curriculares integradoras, participantes da pesquisa, de que é fundamental dialogar com o conhecimento inicial dos futuros professores em torno das atividades experimentais.

As visões constituintes de uma consciência real (efetiva) relativa às atividades experimentais podem ser a expressão, por exemplo, da predominância da circulação intracoletiva (FLECK, 1986) entre os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. No caso dos artigos com as propostas de experimentos publicados na seção *Educação* da revista *Química Nova*, pôde-se identificar que as produções textuais têm como principais autores e destinatários esses profissionais. Apesar do fato de a menção à educação básica em alguns artigos ser interpretada como uma intenção de favorecer a circulação intercoletiva (FLECK, 1986). Como expuseram os docentes de Química

investigados, há certa dificuldade dos pareceristas, que não são pesquisadores em ensino de Química, em aceitar propostas de experimentos muito inovadoras. Isso contribui para manter, de forma hegemônica nos cursos de graduação em Química, experimentos com características que já criticamos ao longo da pesquisa. De forma sintética, interpretam-se os entendimentos constituintes de uma consciência real (efetiva) como associados à presença de situações-limite no processo de circulação inter e intracoletiva da experimentação, na qualidade de conteúdo da formação de professores. Entre as situações-limite se pode mencionar: a coletividade e a cumplicidade reprimidas; a pesquisa em detrimento da docência; as aprendizagens pouco fundamentadas nos conhecimentos oriundos da pesquisas em ensino de Ciências e — conforme recém-exposto — o texto de experimentação disseminado.

Contudo, existem avanços identificados, especialmente por meio da análise dos discursos sobre as atividades experimentais, que balizaram as propostas de artigos, posteriormente caracterizados como constituintes de uma consciência máxima possível. A presença desses discursos poderia ser explicada devido a analogias que os formadores, não em sua totalidade, realizam entre o seu trabalho de pesquisa com o trabalho no laboratório didático. Porém, em determinados momentos, tais analogias foram evidenciadas como um desacerto. Um exemplo é a divulgação da ideia de existência de um único “método científico”. Outras justificativas para a presença de entendimentos vinculados a uma consciência máxima possível podem estar ligadas aos espaços de promoção da circulação inter e intracoletiva no desenvolvimento profissional dos formadores.

A seguir, discutiremos como se caracteriza a disseminação de conhecimentos relativos às atividades experimentais na docência e no desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química.

A circulação inter e intracoletiva do conhecimento sobre experimentação

Exemplos de circulação inter e intracoletiva salutar ao desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química já foram inicialmente sinalizados, tais como: o estágio de docência; a inclusão na pós-graduação em Química da investigação em ensino de Química e de componentes curriculares que tenham como objeto de estudo o

ensino; e a participação em eventos de ensino de Química. Essas possibilidades foram reconhecidas, em parte, pelos próprios docentes das componentes curriculares de conteúdo específico entrevistados, e a análise crítica, já realizada, das insuficiências que às vezes trazem consigo mostra o quanto a circulação inter e intracoletiva, por si só, pode contribuir minimamente no processo de apropriação do conhecimento elaborado pela comunidade de pesquisadores em ensino de Ciências. A própria epistemologia fleckiana admite esse aspecto e indica, como discutiremos, condições necessárias para a efetividade da circulação inter e intracoletiva. Antes é preciso indicar outros exemplos de circulação inter e intracoletiva apontados pelos formadores e que podem ser importantes na apropriação do conhecimento relativo à experimentação no ensino.

Na graduação, a disseminação de um conhecimento sobre as atividades experimentais ocorre, especialmente, por meio das suas componentes curriculares de conteúdo específico e integradoras. De certa forma, isso havia sido assinalado inicialmente quando se mencionou que os docentes das componentes curriculares de Química não ensinavam somente Química, mas modos de ensiná-la. Todavia, há outros espaços e momentos na graduação, citados pelos formadores, que influenciariam na apropriação de uma visão acerca da experimentação, quais sejam, os projetos de extensão, a monitoria em componentes curriculares e a iniciação científica em Química e em ensino de Química. O desenvolvimento de experimentos na pesquisa em Química na pós-graduação *stricto sensu* foi outro momento exposto como influente na apropriação de um entendimento das atividades experimentais no ensino. Sem extenuar a discussão das possibilidades de favorecer a circulação inter e intracoletiva indicada pelos formadores, é relevante recorrer à reflexão fleckiana relativa à efetividade da circulação intercoletiva. Para Fleck (1986), a circulação intercoletiva depende, em primeiro lugar, como afirmamos anteriormente, da confiança dos não especialistas nos especialistas, isto é, dos docentes das componentes curriculares de conteúdo específico nos pesquisadores em ensino de Química e dos licenciandos nos formadores, o que não é uma tarefa trivial, como ficou evidente nas falas tanto dos docentes das componentes curriculares de Química quanto dos docentes das integradoras.

A difusão de ideias constituintes de uma consciência máxima possível a respeito da experimentação no ensino poderia ser favorecida, por exemplo, pelo estabelecimento de

parcerias na produção de artigos, com sugestões de atividades experimentais, entre os formadores das componentes curriculares integradoras e os de componentes curriculares de conteúdo específico. Outra possibilidade de propiciar a circulação intercoletiva é uma maior divulgação, na revista *Química Nova*, de pesquisas ou artigos de fundamentação teórica sobre a experimentação, elaborados especialmente por pesquisadores em ensino de Química. Aparentemente, esse exercício implicaria aprendizagens para esses pesquisadores, visto que a prática mais comum é a produção de artigos destinados à circulação intracoletiva. Com base na epistemologia fleckiana e na filosofia da linguagem de Bakhtin, torna-se necessária a transformação do conhecimento novo construído nas dissertações, teses e outras investigações em ensino de Química de modo a adequá-lo à disseminação para não pesquisadores em ensino de Química, como os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico dos cursos de graduação em Química. Não é demais recordar que o ato de ler é uma atividade condicionada pelas práticas de leitura de quem o realiza.

A pesquisa como princípio formativo pode ser outro modo de favorecer a circulação intercoletiva. Parte dos docentes das componentes curriculares integradoras sinalizou o exercício da pesquisa na formação inicial, e o entendemos extensivo à formação continuada, inclusive dos próprios formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. Entretanto, reitera-se que, para os formadores vislumbrarem essa possibilidade formativa, parece necessário atingirem uma consciência máxima possível acerca do próprio processo de formação docente de modo a favorecer uma visualização do inédito viável, qual seja, a pesquisa do professor — neste caso, do formador.

A investigação desenvolvida coletivamente por formadores e licenciandos tem sido uma das propostas que apontamos ao longo dos anos e a qual se reconhece como um processo entremeado por limites e possibilidades (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GONÇALVES; GALIAZZI, 2004; GALIAZZI *et al.*, 2001). A questão colocada para a reflexão é se, antes de tal processo, é preciso que os sujeitos atinjam uma consciência máxima possível relativa à formação docente e, portanto, vislumbrem a pesquisa como princípio formativo, ou se o envolvimento dos sujeitos nesse tipo de investigação pode contribuir, por si só, para que estes a compreendam como uma possibilidade formativa. Em outras palavras, se a realização da pesquisa com princípio formativo pode colaborar para a

promoção da consciência máxima possível. Temos aprendido que nem sempre a participação em uma pesquisa coletiva com princípio formativo tem sido suficiente para os participantes, em sua totalidade, a entenderem como uma possibilidade formativa (GALIAZZI; GONÇALVES; LINDEMANN, 2002). Isso não significa uma descrença na pesquisa como princípio formativo, mas aponta a necessidade de investigar como concretizá-la em processos de formação docente, já que também temos identificado suas contribuições para a aprendizagem de conteúdos relacionados à docência juntamente com outros teóricos (ROSA, 2004; MORAES, 2002; MALDANER, 1999).

Independentemente de como ocorre a circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores é certo que a experimentação perpassa a formação dos licenciandos e dos formadores como um conteúdo pelo menos implícito, dado que ela é desenvolvida metodologicamente nos processos formativos para ensinar os conteúdos científicos. Portanto, a questão não é propriamente que as atividades experimentais venham a se tornar um conteúdo do desenvolvimento profissional dos formadores e das suas ações com os licenciandos, mas sim torná-lo explícito (este e outros conteúdos a elas relacionados) na licenciatura e na pós-graduação *stricto sensu* em Química, entre outros espaços importantes no desenvolvimento profissional dos formadores. Tacitamente, a experimentação esteve presente no desenvolvimento profissional dos formadores e na formação dos licenciandos e, por isso, estes aprenderam acerca desse conteúdo mesmo sem, em muitos casos, tê-lo estudado explicitamente.

O diálogo com os formadores das componentes curriculares integradoras auxiliou a entender que aspectos relativos ao “o que” e ao “como” abordar as atividades experimentais precisam ser considerados pelas reformas curriculares nas licenciaturas que, do mesmo modo, estão dedicadas ao enfrentamento do modelo 3+1, que é contraproducente à aprendizagem da experimentação no ensino de Ciências. Por exemplo, uma discussão de caráter **epistemológico** em torno da experimentação foi praticamente consensual entre os pesquisadores em ensino de Química, assim como o tratamento didático dos experimentos na contramão da ideia de ilustração/comprovação/verificação dos conteúdos teóricos por intermédio da “prática”. Uma via para essa discussão epistemológica pode ser a história da Ciência, indicada pelos próprios pesquisadores em ensino de Química, como relevante no

ensino da experimentação. Nesse sentido, a abordagem das atividades experimentais na formação docente pode ser enriquecida com um tratamento interdisciplinar. Ou seja, as componentes curriculares de Filosofia da Ciência ou História da Ciência/Química e as integradoras podem contribuir para elucidar a função dos experimentos na Ciência e no ensino de Ciências, respectivamente. Em outros termos, a interdisciplinaridade estaria alicerçada na colaboração entre diferentes especialistas e não em uma atuação polivalente deles (DELIZOICOV; ZANETIC, 1993). Uma atuação interdisciplinar dos formadores seria uma atitude exemplar aos futuros professores, bem como um modo de enfrentar coletivamente um problema na formação de professores, como é o caso da abordagem das atividades experimentais. Por outro lado, isso não quer dizer que dita discussão de caráter epistemológico não possa ser promovida nas componentes curriculares integradoras, pelo contrário. Nessas componentes curriculares, os formadores podem explorar analogias de modo a explicitar características essenciais nos experimentos desenvolvidos na Ciência e que são igualmente imperativos nos experimentos com função pedagógica a serem realizados pelos futuros professores. Como disse Freire (1977, p. 54):

Na verdade, nenhum pensador, como nenhum cientista, elaborou seu pensamento ou sistematizou seu saber científico sem ter sido problematizado, desafiado. Embora isso não signifique que todo homem desafiado se torne filósofo ou cientista, significa, sim, que o desafio é fundamental à constituição do saber.

Além do “desafio” mencionado por Freire, a literatura em Didática das Ciências tem abordado criticamente outros aspectos associados à dimensão metodológica da experimentação em sala de aula. Favorecer a apropriação desse conhecimento socializado na literatura é um papel dos formadores atuantes nas componentes curriculares integradoras. Em parte, tal conhecimento foi assinalado pelos pesquisadores em ensino de Química e estão mais associados ao que denominamos de dimensão **pedagógica** da experimentação. Nessa rota, é importante apontar os argumentos em favor da explicitação do conhecimento discente durante os experimentos com o intuito de promover atividades dialógicas que reconheçam os aprendizes como sujeitos não neutros na apropriação de um conhecimento novo para eles. Defendemos que o conhecimento a ser apropriado pelo aluno inclua explicitamente, além dos conteúdos conceituais, aqueles procedimentais e

atitudinais. Isso é congruente com a posição de que a experimentação, de certa forma, contribui para a aprendizagem de determinadas atitudes quando considera, ou não, por exemplo, a geração e o tratamento de resíduos. Logo, promover discussões e procedimentos associados à integridade física discente e à produção e ao descarte de resíduos é algo relevante no processo de ensino e aprendizagem, e não uma medida puramente técnica. Esse olhar se relaciona com a dimensão “**ético-ambiental**” das atividades experimentais, que precisa ser igualmente contemplada nos processos de formação docente. Em suma, ressalta-se que as dimensões epistemológicas, pedagógicas e “ético-ambientais” investigadas na tese estão fortemente articuladas e devem estar presentes como um corpo de conhecimentos a serem tratados no processo de formação dos químicos, especialmente dos licenciandos.

Os critérios para selecionar os conteúdos relativos à experimentação, segundo os pesquisadores em ensino de Química, são o conhecimento inicial dos licenciandos acerca do assunto a ser estudado e, principalmente, o futuro espaço de atuação desses estudantes. Além disso, conforme análise apresentada, os investigados mencionaram a importância da interlocução teórica e empírica para a aprendizagem da experimentação.

Em suma, a circulação inter e intracoletiva sobre a experimentação ocorre por meio de uma pluralidade de espaços e metodologias na formação de professores, às vezes insuficientes para enfrentar visões problemáticas a respeito das atividades experimentais, quando não as reforçam. O diálogo com os pesquisadores em ensino de Química apontou caminhos que podem favorecer aprendizagens importantes em torno das atividades experimentais.

À guisa de encerramento

Do diálogo com os formadores, depreendem-se semelhanças e diferenças nos discursos dos docentes das componentes curriculares de Química e dos docentes das componentes curriculares integradoras. Uma semelhança é a concordância, explícita ou implícita, de que as componentes curriculares de conteúdo específico ensinam como desenvolver experimentos. Outra similaridade é a crença na utilização de materiais alternativos como relevante na promoção das atividades experimentais. Quanto a isso,

sugerimos um posicionamento crítico, pois há muito tempo se insiste na utilização de materiais alternativos, e os resultados, pelo menos na escola, até agora são pouco expressivos. O incentivo acrítico ao uso de materiais alternativos pode remeter à ideia de que não é preciso laboratório e, portanto, seria dispensável investimento financeiro — não só em recursos materiais, mas igualmente em recursos humanos. Embora não sejamos avessos à utilização de materiais alternativos, pelo contrário, acreditamos na sua contribuição ao enfrentamento da carência infraestrutural das escolas, é necessário repensar o modo de interpretar a utilização desses materiais, pois somente o fomento ao seu uso tem sido insuficiente para promover a inserção das atividades experimentais no currículo escolar. Por exemplo, sem condições de trabalho adequadas, o que envolve tempo apropriado para planejar as aulas, é pouco provável atingir tal inserção. Se o uso de materiais alternativos fosse autossuficiente, os chamados laboratórios móveis ou *kits* experimentais, comprados pelos governos ao longo dos anos, também deveriam ter catalisado a realização de experimentos. Porém, sabe-se que, na realidade educacional brasileira, isso não aconteceu efetivamente. Em síntese, centralizar o esforço de inclusão das atividades experimentais nas escolas no estímulo ao uso de materiais alternativos — equipamentos e reagentes facilmente encontráveis — quem sabe não seja mais uma espécie de “erro epistemológico”.

A crença no envolvimento com a pesquisa na área da Química como favorecedor de aprendizagens a respeito da experimentação foi outro ponto comum no discurso de parte dos docentes de componentes curriculares de conteúdo específico e de componentes curriculares integradoras. Os primeiros veem a forma de desenvolver experimentos em suas investigações na pós-graduação com implicações positivas no modo de realizar as atividades experimentais nos laboratórios didáticos. Já os formadores de componentes curriculares integradoras notam na iniciação científica uma possibilidade de os licenciandos aprenderem acerca da experimentação, cujas contradições associadas a essas interpretações dos investigados exploramos anteriormente. Acrescenta-se que tais interpretações podem possuir efeitos no modo de ensinar sobre experimentação aos licenciandos.

Em relação às diferenças, parece que a maioria dos docentes das componentes curriculares de conteúdo específico entende essas componentes como espaços nos quais se pode ensinar a desenvolver experimentos com base na perspectiva de aprendizagem por

imitação de modelos. Por outro lado, os docentes das componentes curriculares integradoras entendem que a importância das componentes curriculares de conteúdo específico na aprendizagem a respeito da experimentação está no enfrentamento da dicotomia entre formação pedagógica e formação específica. Portanto, o papel da “teoria educacional” é praticamente desconsiderado pelos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico. Isso pode estar associado à visão de que o conhecimento tem origem na experiência sensível. O descrédito aparente desses docentes na “teoria educacional” estaria vinculado à maneira como o seu processo de desenvolvimento profissional valorizou, ou não, tal teoria. Como assinalamos anteriormente, uma situação-limite são as aprendizagens dos formadores pouco fundamentadas nos conhecimentos concernentes à experimentação produzidos pela pesquisa em ensino de Ciências. Ao enaltecermos o papel dos conhecimentos advindos da pesquisa em educação e em ensino de Ciências, não desconsideramos a relevância da interação com realidade empírica para a aprendizagem dos conteúdos relacionados à prática docente. Essa interação foi mencionada positivamente, e com mais afinco, pelos formadores das componentes curriculares integradoras. Em outras palavras, não se pretende no diálogo com as teorias originárias das pesquisas reduzir tal diálogo, como disse Freire (2005), a um verbalismo. Reitera-se que a superação do olhar que dicotomiza “teoria” e “prática” pode ocorrer por meio da práxis, a qual une ação e reflexão (FREIRE, 2005).

Outra diferença foi o fato de os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico reconhecerem, embora implicitamente, a monitoria nessas componentes curriculares como um momento de aprendizagem acerca da experimentação, ao passo que isso não ocorreu entre os formadores das componentes curriculares integradoras. Porém, isso não significa que a monitoria nessas componentes curriculares seja um espaço de aprendizagem inexplorado. Uma probabilidade de maior presença da monitoria nas componentes curriculares de conteúdo específico em comparação às componentes curriculares integradoras poderia ser uma justificativa para tal silêncio.

Talvez se a investigação tivesse sido realizada com não autores de propostas de atividades experimentais, as diferenças entre os discursos dos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e dos formadores das componentes curriculares integradoras fosse mais acentuada e, em consequência, as semelhanças poderiam ser mais

tímidas. Sem a pretensão de extenuar as comparações entre o discurso dos formadores, é possível, com base nas semelhanças analisadas, reforçar o argumento fundamentado na epistemologia fleckiana de que os docentes das componentes curriculares de conteúdo específico e os docentes das integradoras compartilham um conjunto de conhecimentos relativos à Química e, na condição de formadores de professores dessa Ciência, também, talvez de forma mais surpreendente, conhecimentos concernentes ao ensino de Química. Obviamente, tal argumentação não se contrapõe à necessidade de processos de formação docente, especialmente aos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico; pelo contrário, a análise apresentada ao longo da tese avigora essa necessidade.

As semelhanças identificadas são interpretadas como fruto da aproximação entre os diferentes coletivos de pensamento, quais sejam, o de docentes de componentes curriculares de Química e o de docentes de componentes curriculares integradoras/pesquisadores em ensino de Química. Como foi anunciado previamente, de acordo com Fleck (1986), a intensidade da circulação intercoletiva de ideias está condicionada às possíveis diferenças entre os estilos de pensamento de cada coletivo. Reafirma-se que os coletivos de pensamento mencionados compartilham um significativo número de conhecimentos “teóricos” (teorias e modelos) e “práticos” (manipulação de equipamentos) e isso favorece a circulação intercoletiva entre tais coletivos. A aproximação entre o coletivo de pensamento de professores das componentes curriculares de conteúdo específico e o de professores de componentes curriculares integradoras/pesquisadores em ensino de Química não representa uma negação das diferenças entre os respectivos coletivos de pensamento. Ficou explícito no depoimento dos investigados que o histórico de interação entre esses coletivos nem sempre é de cooperação, pelo contrário. Isso é um indicativo de que a superação do hiato entre docentes de componentes curriculares de conteúdo específico e docentes de componentes curriculares integradoras ou pedagógicas pode ser um processo marcado por tensões.

Também comparamos a análise das propostas de experimentos da *Química Nova* com a análise que realizamos em outra investigação (GONÇALVES, 2005) acerca das sugestões de atividades experimentais para o ensino médio publicadas no periódico *Química Nova na Escola*. Entre as semelhanças dos experimentos divulgados em ambos os periódicos está o discurso a respeito da utilização dos materiais alternativos. A voz dos

documentos oficiais de orientação curricular, especialmente dos PCN, esteve igualmente presente, apesar de os artigos da *Química Nova* se destinarem prioritariamente à graduação. A compreensão das atividades experimentais como motivadoras foi, do mesmo modo, comum entre as propostas de experimentos de ambas as revistas. Até os silêncios coincidem, visto que não há propostas explícitas de atividades experimentais para cegos, por exemplo. Aliás, a experimentação para cegos é um problema digno de mais atenção da comunidade de pesquisadores envolvidos com a temática abordada neste trabalho.

Enfim, sem extenuar a comparação entre as semelhanças e diferenças das sugestões de experimento da *Química Nova* e da *Química Nova na Escola*, é importante entender as similaridades entre as propostas de experimentos presentes nos periódicos. As similaridades podem estar fundadas no fato de os autores serem basicamente os mesmos, ou seja, docentes de componentes curriculares de conteúdo específico. Na *Química Nova na Escola*, ainda há um maior envolvimento de pesquisadores em ensino de Química, talvez como efeito de as propostas de experimentos se destinarem à educação básica, ao contrário da *Química Nova*. As análises dessas pesquisas indicam que, embora a hegemonia dos livros na educação superior possa ser parcialmente enfrentada pela utilização de propostas de experimentos difundidas por periódicos, como os supracitados, é indispensável uma análise crítica dos professores sobre tais propostas.

De outra parte, é necessário admitir um avanço significativo nessas propostas de experimento quando comparadas àquelas dos projetos norte-americanos e ingleses mencionados anteriormente, cuja contribuição foi singular à época. Todavia, os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico e das integradoras não citaram explicitamente a influência desses projetos em suas aulas com experimentos ou na abordagem da experimentação como um conteúdo da formação de professores. Mas tacitamente a influência aparece, de forma especial ao assumirem, em um determinado momento histórico no ensino da experimentação na licenciatura em Química, a perspectiva da redescoberta.

Outro silêncio na voz dos investigados foi o entendimento da experimentação como um conteúdo da educação básica. Mais uma vez com o apoio de Bachelard (1976), pode-se questionar: por que não apontar a experimentação como um possível conteúdo na educação básica? O que se tem cunhado de contextualização histórica pode ser um caminho para

incutir as atividades experimentais, como conteúdo, no currículo escolar de Ciências. Na educação superior, os pesquisados acenaram o estudo da experimentação por meio de componentes curriculares como História da Química, pois na visão deles esta poderia auxiliar os licenciandos a compreenderem o papel epistemológico dos experimentos na Ciência e, por analogia, no laboratório didático. Especialmente no ensino médio e fundamental, vislumbramos, ainda como inédito viável, não somente uma abordagem histórica da experimentação na Ciência. De certo modo, isso tem sido defendido na literatura (SUTTON, 2002) em prol da inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências. Para além do ensino de Ciências, as atividades experimentais poderiam ser discutidas em componentes curriculares como a Filosofia que, por sua vez, colaboraria com uma abordagem acerca da ética na Ciência, por exemplo. O diálogo polêmico relativo ao uso de animais, particularmente nas práticas de vivissecção, em experimentos na Ciência e nos laboratórios de graduação e pós-graduação, é um assunto propício para uma abordagem da ética. A geração de resíduos e o seu tratamento ou prevenção em atividades de laboratório ou na própria indústria se constitui, do mesmo modo, em um assunto com direito a um olhar filosófico da ética. No meio escolar, a possibilidade da instalação de usinas nucleares, como um assunto, poderia suscitar discussões dessa natureza. A sugestão, portanto, seria de uma abordagem interdisciplinar a respeito das atividades experimentais, e a contribuição do ensino de Ciências poderia ser realizada por meio de uma abordagem orientada pela História e Filosofia da Ciência. Nesse sentido, a experimentação não se restringe a um assunto comum apenas entre as componentes curriculares da área de Ciências Naturais (Biologia, Física e Química), mas se aproxima de outras da área de Ciências Humanas, como a Filosofia. Defender a tese da experimentação como um conteúdo na educação básica implica socializá-la de forma sistemática, nos processos de formação inicial de professores de Ciências Naturais. Esta seria uma colaboração, sobretudo dos docentes das componentes curriculares integradoras, de História da Ciência/Química e dos próprios docentes das componentes curriculares de conteúdo específico ao discutirem, à luz da História e Filosofia da Ciência, a experimentação associada ao conteúdo que estiverem lecionando. Em outras palavras, tais docentes desenvolveriam práticas pedagógicas exemplares aos licenciandos.

Os formadores também não mencionaram explicitamente as contribuições da pesquisa em ensino de Ciências sobre as atividades experimentais como um critério para selecionar o que abordar em relação ao assunto. Imaginava-se que particularmente os resultados das investigações acerca do discurso docente relativo à experimentação, ou à natureza da Ciência, poderiam alicerçar, em parte, as escolhas dos formadores das componentes curriculares integradoras. Apesar desse silêncio, há uma probabilidade considerável de os formadores, pelo menos parcialmente, serem influenciados pelos resultados das pesquisas concernentes ao tema das atividades experimentais. Além desses formadores se constituírem pesquisadores do tema, há outros indicativos em seus depoimentos reveladores da influência da investigação em ensino de Ciências em suas abordagens da experimentação no ensino de Química. Por exemplo, a ênfase ao combate a uma visão empirista das atividades experimentais ou a experimentos puramente ilustrativos são aspectos igualmente sinalizados na literatura, inclusive internacional. Contudo, obtivemos indícios neste trabalho de que não somente a perspectiva empirista é digna de ser problematizada, visto que o discurso docente a respeito desse assunto parece ser constituído por um espectro epistemológico mais amplo.

Se a necessidade de enfrentamento de uma visão empirista dos docentes de Ciências tem sido um ponto comum na reivindicação de pesquisas nacionais e internacionais relativas à experimentação, foi identificado um ponto aparentemente distintivo nesta investigação comparada a outras (LEACH, 2002b; LEWIS, 2002; GUILLON; SÉRÉ, 2002) em torno da experimentação na educação superior desenvolvidas, por exemplo, no contexto europeu. Ou seja, há uma ênfase no discurso dos docentes de Química da educação superior na utilização de materiais alternativos nas atividades experimentais para esse nível de ensino. Aliás, na Europa — pelo menos em determinados países — nem o discurso docente sobre as atividades experimentais realizadas na educação superior parece ser um problema enfrentado intensamente pela respectiva comunidade de pesquisadores, visivelmente preocupada com a análise de alternativas metodológicas para os experimentos baseados na pura comprovação dos conhecimentos teóricos estudados previamente. Essas interpretações podem ser reforçadas pela coletânea de artigos relacionados à experimentação organizada por Psillos e Niedderer (2002), decorrente de um projeto promovido em cinco países europeus, ou ainda pelo trabalho organizado por Wellington (1998).

A explicação para a ênfase nos materiais alternativos pode estar associada à localização pelos docentes de um problema de infraestrutura enfrentado pelas universidades brasileiras — se não atualmente, em um passado recente — que não acontece em determinados países europeus, pelo menos não com a mesma intensidade. Em certas ocasiões, nem na educação básica deve haver problemas idênticos aos brasileiros de carência de materiais em laboratórios de Ciência. A Inglaterra é um exemplo de país com forte tradição no uso de atividades experimentais na educação básica. De outra parte, a explicação para o destaque especial dado à utilização de materiais alternativos na educação superior em Química, para além daquelas já indicadas pelos investigados e analisadas anteriormente, pode se relacionar com a própria dinâmica de circulação intercoletiva a respeito da experimentação no ensino de Química. O reconhecimento pelos formadores das componentes curriculares de conteúdo específico da aceitação pela comunidade de ensino de Química do discurso em torno dos chamados materiais alternativos como modo de catalisar a inserção das atividades experimentais no currículo do ensino fundamental e médio pode ter sido “incorporado” por esses formadores como uma maneira de disseminarem um discurso acerca das atividades experimentais validado pela comunidade de pesquisadores em ensino de Química. A ideia de um ensino de Química do cotidiano ou de contextualização que apareceu na análise das propostas de experimento da *Química Nova*, por exemplo, é notavelmente remetida à educação básica na literatura em Didática das Ciências. Entretanto, esta também permeou o discurso concernente às atividades experimentais para a educação superior. É muito provável que tais discursos sejam ressignificados de maneira a colaborar para o enriquecimento da polissemia já existente no que se refere a suas acepções. As citações de outras produções textuais em ensino de Química/Ciências nos artigos com propostas de experimentos analisados, por si só, já aludem à circulação inter e intracoletiva. Em síntese, a valorização dos experimentos com materiais alternativos na graduação reforça a presença de uma interação entre docentes das componentes curriculares de conteúdo específico com um determinado conhecimento na área de ensino de Química. A intensidade e qualidade dessa interação, no entanto, merece ser analisada criticamente, apesar dos indicativos pouco animadores que abordamos ao longo da tese. De certa forma, tem-se um paradoxo: ao mesmo tempo em que os formadores assumem a tenuidade da relação de cooperação entre “pesquisadores em ensino

de Química” e docentes das componentes curriculares de conteúdo específico, os últimos parecem se apoiar, em alguma medida, no conhecimento produzido pelos especialistas em ensino de Química. A multiplicidade de vozes presentes nas propostas de experimento, por exemplo, reforça o argumento de que o texto não se faz somente com a voz de quem o produz, mas com a de outros sujeitos que podem ser os próprios pesquisadores em ensino de Química, na condição de destinatários — especialmente na qualidade de potenciais pareceristas — ou interlocutores teóricos. Enfim, a multiplicidade de vozes é uma consequência da polifonia do texto (BAKHTIN, 1981). Por outro lado, é justo registrar que há propostas de experimento analisadas que são minimamente entremeadas por reflexões educacionais fundamentadas na literatura.

Em síntese, a pesquisa sobre experimentação no ensino de Ciências ou Química tem se destacado, notadamente no cenário internacional. De outra parte, isto parece não acontecer, pelo menos com a mesma intensidade, com o desenvolvimento profissional dos formadores da área de Ciências Naturais. O estágio de docência, por exemplo, é um espaço pouco explorado pela pesquisa em ensino de Ciências. A ênfase na “prática” durante o estágio de docência foi um problema identificado no diálogo com os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico que vivenciaram tal estágio na pós-graduação em Química. Se o exercício da docência é importante para a construção de um conhecimento profissional, também o são os conhecimentos teóricos produzidos pela pesquisa em educação e em ensino de Ciências, principalmente no que diz respeito à possibilidade de poder analisar e planejar criticamente as atividades docentes. A crença na aprendizagem sobre a experimentação por meio da “prática” não se reduziu, no discurso dos docentes investigados, ao espaço do estágio de docência, isto é, incluiu a graduação e a própria docência. Se, em muitos casos, pode ser verdade que os docentes da educação superior aprendem acerca das atividades experimentais por meio da vivência como alunos nas aulas com essas atividades, ou até mesmo com a própria atuação baseada naquela vivência como alunos, também parece ser verdade, no caso dos formadores com os quais dialogamos, que tais aprendizagens, pelo menos em um determinado momento do desenvolvimento profissional, ocorrem com base em uma interação, ainda que por hipótese incipiente, com um conhecimento validado, de certo modo, pela comunidade de pesquisadores em ensino de Química. Ou seja, reiteramos aqui a ideia defendida

anteriormente para justificar o discurso em torno dos materiais alternativos entre os investigados.

Por outro lado, tem-se ciência da aparente contrariedade dessas afirmações com o exposto no início deste trabalho, quando foram destacadas as aprendizagens relativas à docência na educação superior como fortemente vinculadas à reprodução de modelos docentes. Contudo, ainda acreditamos nesse cenário, no qual a aprendizagem sobre ser professor ocorre por meio da reprodução de modelos, como o predominante no desenvolvimento profissional dos docentes da educação superior, o que não significa invalidar as sinalizações feitas na tese, isto é, da existência de casos em que esses docentes interagem, de alguma forma, com o conhecimento produzido, por exemplo, pela pesquisa em ensino de Ciências. Com base nisso, parece importante investigar os caminhos formativos percorridos por esses formadores atuantes nas componentes curriculares de conteúdo específico que estão, de alguma maneira, envolvidos com o “discurso educacional” nesse cenário de predomínio da pesquisa.

O próprio período de estágio probatório, para aprovados em concursos de ingresso na docência das instituições de educação superior, configura-se em um momento para pesquisar como os professores, em certos casos iniciantes na carreira, desenvolvem as suas aulas, ou como interpretam a relevância desse período na sua constituição profissional. O estágio probatório poderia ser um momento no qual o docente tivesse uma formação pedagógica em serviço.

O estágio de docência nos programas de mestrado e doutorado em Química e o estágio probatório, também como um momento de formação em serviço, poderiam ter a presença de doutores em ensino de Química. No caso do estágio de docência, dificilmente os orientadores — docentes de componentes curriculares de conteúdo específico — que, de acordo com a análise realizada, tiveram poucas oportunidades formais para se apropriarem do conhecimento produzido pela pesquisa em educação e em ensino de Ciências, consigam orientar um estágio que não se reduza à valorização da reprodução de um modelo vivenciando quando eram alunos, estagiários ou docentes. Quanto à importância do envolvimento dos doutores em ensino de Química em um processo formativo no estágio probatório, isso colaboraria para que tal formação não se encerrasse no âmbito da didática geral, pois, apesar das contribuições que esta pode dar ao desenvolvimento profissional dos

formadores, possui certa insuficiência — já explorada ao longo da tese. O exemplo da aprendizagem sobre a experimentação fortalece o argumento em favor de uma didática específica no desenvolvimento profissional dos formadores. Contudo, para que a participação de doutores em ensino de Química ocorra na orientação do estágio de docência e no estágio probatório é preciso um crescimento quantitativo do quadro atual de pesquisadores com tal titulação, de modo que isso não implique um êxodo de doutores em ensino de Química das licenciaturas.

Enfim, reforçamos que há uma necessidade de enfrentamento coletivo dos problemas relativos à experimentação no ensino de Ciências, com vista a promover o movimento da consciência real (efetiva) à consciência máxima possível.

Referências

ABELL, Sandra. University Science Teachers as Researchers: Blurring the Scholarship Boundaries. **Research in Science Education**, n.35, p.281-298, 2005.

AFONSO, Ana Sofia; LEITE, Laurinda. Concepções de professores de Ciências Físico-Químicas sobre a utilização de atividades laboratoriais. **Revista Portuguesa de Educação**, v.13, n.1, p.185-208, 2000.

ANDRÉ, Marli; SIMÕES, Regina H. S.; CARVALHO, Janete M; BRZEZINSKI, Iria. Estado da arte da formação de professores no Brasil. **Educação & Sociedade**, ano XX, n. 68, p.301-309,1999.

ANTÚNEZ, Gladys C.; PÉREZ, Silvia M.; PETRUCCI, Diego. Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.8, n.1, 2008. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>>. Acesso em: 03 mar. 2009.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, p.176-194, 2003.

ARROIO, Agnaldo; RODRIGUES FILHO, Ubirajara Pereira; SILVA, Albérico Borges Ferreira. A formação de pós-graduando em química para a docência em nível superior. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1387-1392, 2006.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, Gaston. **Filosofia do novo espírito científico**: a filosofia do não. 2 ed. Lisboa: Editorial Presença, 1976.

BAGGOTT, Linda; (NICHOL, Jon). Multimedia Simulation: a threat to or enhancement of practical work in science education? In: WELLINGTON, Jerry. **Practical Work in school science**: which way now? London: Routledge, 1998. p.252-270.

BAKHTIN, Mikhail (VOLOCHINOV, V. N.). **Marxismo e Filosofia da Linguagem**: problemas fundamentais do método sociológico da ciência da linguagem. 11 ed. Trad. Michel Laud e Yara Frateschi Vieira. São Paulo: Hucitec, 2004.

BAKHTIN, Mikhail. **Estética da Criação Verbal**. Trad. Paulo Bezerra. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

BAKHTIN, Mikhail. **Problemas da poética de Dostoievski**. Trad. Paulo Bezerra. Rio de Janeiro: Editora Forense-Universistária, 1981.

BARBERÁ, O; VELDÉS, P. El trabajo practico en la enseñanza de las ciencias: una revision. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.3, p.365-379, 1996.

BARTON, Roy. It in Practical Work: assessing and increasing the value-added. In: WELLINGTON, Jerry. **Practical Work in school science: which way now?** London: Routledge, 1998. p.237-251.

BAZZO, Vera Lúcia. **Constituição da profissionalidade docente na educação superior: desafios e possibilidades.** 2007. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERNARDINO LOPES, J. Desarrollar conceptos de Física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos. **Enseñanza de las Ciencias**, v.20, n.1, p.115-132, 2002.

BONALS, Joan. **O trabalho em pequenos grupos em sala de aula.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

BRASIL. **Estatuto da Criança e do adolescente.** Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Lei nº 9.394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Conselho Nacional de Educação.** Parecer CNE/CES 1.303, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2002.

BRZEZINSKI, Iria (org.). **Formação de profissionais da educação (1997-2002).** Brasília: Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2006.

BZUNECK, José Aloyseo. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea.** Petrópolis: Vozes, 2001. p.9-36.

CADORE, Solange; DE ANDRADE, Jaílson Bittencourt. A contribuição da SBQ à pós-graduação em Química. **Química Nova**, v.30, n.6, p.1435-1438, 2007.

CARRASCOSA, Jaime; GIL PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo; VALDÉS, Pablo. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.2, p.157-181, 2006.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico.** São Paulo: Cortez, 2004.

CATANI, Denice Bárbara; BASTOS, Maria Helena Câmara (Org.). **Educação em revista: a imprensa periódica e a história da educação**. São Paulo: Escrituras, 1997.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência, afinal?** 1 ed. São Paulo: Brasiliense: 1993

CHRISPINO, Alvaro. Ensino Química Experimental com Metodologia Alternativa. **Química Nova**, v.12, n.2, p.187-191, 1989.

COELHO, Juliana Cardoso. **A chuva ácida na perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC)**. 2005. 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.

DE ANDRADE, Jaílson B.; CADORE, Solange; VIEIRA, Paulo Cezar; ZUCCO, César; PINTO, Angelo C. A formação do químico. **Química Nova**, v.27, n.2, p.358-362, 2004.

DELIZOICOV, Demétrio. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DELIZOICOV, Demétrio. Formação inicial de professores de Física. **Educação em Foco**, v.5, n.1, p.73-84, 2000.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005. p.125-150.

DELIZOICOV, Demétrio; CUTOLO, Luiz Roberto Agea; DA ROS, Marco Aurélio; LIMA, Armênio Matias Corrêa. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, número especial, p.52-69, 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; ZANETIC, João. A proposta de interdisciplinaridade e o seu impacto no ensino fundamental de 1º grau. In: PONTUSCHKA, Nadia. **Ousadia no diálogo: interdisciplinaridade na escola pública**. São Paulo: Loyola, 1993. p.9-15.

DIAS, Valéria Silva. **Michael Faraday: subsídios para metodologia de trabalho experimental**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DOMIN, Daniel. S. A Review of Laboratory Instruction Styles. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n.74, p.543-547,1999.

FLECK, Ludwik. **La génesis y el desarrollo de un hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FREIRE, Paulo. Criando métodos de pesquisa alternativa: aprendendo a fazê-la melhor através da ação. In: BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **Pesquisa participante**. 4 ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1981. p.34-41.

FREIRE, Paulo. **Educação como Prática da Liberdade**. 29 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 30 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 40 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FREIRE, Paulo; SHOR, Ira. **Medo e ousadia**: o cotidiano do professor. Trad. Adriana Lopez. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Esperança**: um reencontro com a pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

GALIAZZI, Maria do Carmo ; ROCHA, Jusseli Maria de Barros ; SCHMITZ, Luiz Carlos ; SOUZA, Moacir Langoni ; GIESTA, Sérgio ; GONÇALVES, Fábio Peres. Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na Licenciatura em Química. **Química Nova**, v.27, n.2, p.326-331, 2004.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres; SEYFFERT, Bianca H.; HENNING, Elisa L.; HERNANDES, Juliana C. Uma sugestão de atividade experimental: a velha vela em questão. **Química Nova na Escola**, n.21, p.25-28, 2005.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres; LINDEMANN, Renata. La investigación en clase sobre los significados de ser profesor. **Investigación en la Escuela**, v.47, p. 95-104, 2002.

GARCÍA BARROS. S.; MARTINEZ LOSADA, C.; MONDELO ALONSO, M. Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado. **Enseñanza de las Ciencias**, v.16, n.2, p.353-366,1998.

GARCÍA BARROS; S.; MARTINEZ LOSADA; M. C.; MONDELO ALONSO, M. El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. **Enseñanza de las Ciencias**, v.13, n.2, p.203-209, 1995.

GIL PÉREZ, Daniel; FURIÓ MÁS, Charles; VALDÉS, Pablo; SALINAS, Julia; MARTÍNEZ-TORREGROSA, Joaquín; GUI SOLA, Jenaro; GONZÁLES, Eduardo;

DUMAS-CARRÉ, André; GOFFARD, Monique; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Tiene sentido seguir distinguendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v.17, n.2, p.311-320, 1999.

GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António, PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GIMENEZ, Sonia Maria Nobre; ALFAYA, Antonio Alberto; ALFAYA, Reni Ventura da Silva; YABE, Maria Josefa Santos; GALÃO, Olívio Fernandes; BUENO, Eliana Aparecida Silicz; PASCHOALINO, Matheus Paes; PESCADA, Carlos Eduardo de Almeida; HIROSSI, Tatiana; BONFIM, Priscila. Diagnóstico das condições de laboratórios, execução de atividades práticas e resíduos químicos produzidos nas escolas de ensino médio de Londrina-PR. **Química Nova na Escola**, v.23, p.32-36, 2006.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.10, p.43-49, 1999.

GONÇALVES, Fábio Peres. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: Discursos Pedagógicos e Epistemológicos**. 2005. 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.

GONÇALVES, Fábio Peres; GALIAZZI, Maria do Carmo. A natureza das atividades experimentais no ensino de Ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de Licenciatura. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo. **Educação em Ciências: produção de currículo e formação de professores**. Ijuí: UNIJUÍ, 2004. p.237-252.

GONÇALVES, Fábio Peres; MARQUES, Carlos Alberto. Contribuições Pedagógicas e Epistemológicas em Texto de Experimentação no Ensino de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, 2006 Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 03 nov. 2006.

GONÇALVES, Fábio Peres; MARQUES, Carlos Alberto. **Pesquisas e publicações acerca da experimentação no ensino de Química**. Artigo não publicado. 2009.

GONÇALVES, Fábio Peres; MARQUES, Carlos Alberto; DELIZOICOV, Demétrio. O desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.7, n.3, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>>. Acesso em: 11 maio. 2008.

GRANDINI, Nádía Alves; GRANDINI, Carlos Roberto. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.26, n.3, p.251-256, 2004.

GUILLON, Alain; SÉRÉ, Marie-Geneviève. The role epistemological information in open-ended investigative labwork. In: PSILLOS, Dimitris; NIEDDERER, Hans. (Org.). **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p.121-138.

GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação do aluno**: contribuições da psicologia contemporânea. Petrópolis: Vozes, 2001. p.37-57.

HANSON, Norwood Russell. Observação e interpretação. In: NAGEL, Ernest; MORGENBESSER, Sydney. **Filosofia da ciência**. São Paulo: Cultrix, 1975.

HODSON, Derek. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12, n.3, p.299-313, 1994.

HODSON, Derek. Is This really what scientists do seeking a more authentic science and beyond the school laboratory. In: WELLINGTON, Jerry. **Practical Work in school science**: which way now? London: Routledge, 1998. p.93-108.

INSAUSTI, Maria José; MERINO, Mariano. Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de Física y Química. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.5, n.2, 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2002

JIMÉNEZ VALVERDE, Gregório; LLOBERA JIMÉNEZ, Rosa; LLITJÓS VIZA, Anna. La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de Química: los niveles de abertura. **Enseñanza de las Ciencias**, v.24, n.1, p.59-70, 2006.

KUHN, Thomas. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectivas, 1975.

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.3, p.382-404, 2006

LABURÚ, Carlos Eduardo. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de Física: uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8, n.3, 2004. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 13 dez. 2006

LEACH, John. Student's Understanding of the Nature of Science and its Influence on Labwork. In: PSILLOS, Dimitris; NIEDDERER, Hans. **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002a. p.41-48.

LEACH, John. The use of secondary data in teaching about data analysis in a first year undergraduate biochemistry course. In: PSILLOS, Dimitris; NIEDDERER, Hans. (Org.). **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002b. p.165-178.

LEWIS, Jenny. The effectiveness of mini-projects as a preparation for open-ended investigations. In: PSILLOS, Dimitris; NIEDDERER, Hans. (Org.). **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p.139-150.

MALDANER, Otávio Aloísio. A formação inicial e continuada do professor de Química. **Química Nova**, v.22, n.2, p.289-292, 1999.

MANTOVANI, Víctor E.; RODIL, Beatriz; CÁMARA, Maria S.; DE ZAN, Mercedes; ROBLES, Juan C.; GOICOECHEA, Héctor C. El desafío de la calidad: un mensaje pedagógico básico para el trabajo experimental en química analítica. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.2, p.215-222, 2003.

MARINELI, Fábio; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p. 497-505, 2006.

MARQUES, Carlos Alberto; GONÇALVES, Fábio Peres; ZAMPIRON, Eduardo; COELHO, Juliana Cardoso; MELLO, Lígia Catarina; OLIVEIRA, Paulo Roberto da Silva; LINDEMANN, Renata Hernandez. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de Química na escola média. **Química Nova**, v.30, n.8, p.2043-2052, 2007.

MERINO, J. M.; FERRERO, F. Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v.6, n.3, 2007. p. 630-648. Disponível em: <<http://saum.uvigo.es/reec/volumenes6/ART9VOL6N3.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

MONTES, Luis D.; ROCKLEY, Mark G. Teacher perceptions in the selection of experiments. **Journal of Chemical Education**, v. 79, n.2, p.244-247, 2002.

MORAES, Roque. Produção em sala de aula com pesquisa: superando limites e construindo possibilidades. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderez Marina do Rosário. **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002. p.203-235.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v.9, n.2, p.191-211, 2003.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

MUENCHEN, Cristiane; AULER, Décio. Abordagem temática: desafios na educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.7, n.3, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>>. Acesso em: 11 maio. 2008.

NÓVOA, António (Colaboradores: BANDEIRA, Filomena; PAULO, João Carlos; TEIXEIRA, Vera). A imprensa de educação e ensino: concepção e organização do repertório português. In: CATANI, Denice Bárbara; BASTOS, Maria Helena Câmara (Org.). **Educação em revista: a imprensa periódica e a história da educação**. São Paulo: Escrituras, 1997. p.11-31.

PACHANE, Graziela Giusti. **A importância da formação pedagógica para o professor universitário: a experiência da Unicamp**. 2003. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PIMENTA, Selma Garrido; ANASTASIOU, Lea das Graças Camargo. **Docência no ensino superior**. v.1. São Paulo: Cortez, 2002.

PIMENTA, Selma Garrido; LIMA, Maria do Socorro Lucena. **Estágio e docência**. São Paulo: Cortez, 2004.

POZO, Juan Ignacio. Aprendizagem de conteúdos e desenvolvimento de capacidades no ensino médio. In: Coll, Cesar. *et al.* **Psicologia da aprendizagem no ensino médio**. Porto Alegre: Artmed, 2003. p.43-66.

PSILLOS, Dimitris; NIEDDERER, Hans. (Org.). **Teaching and Learning in the Science Laboratory**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p.165-178.

REIGOSA CASTRO, Carlos Emilio. Una experiencia de investigación acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de Física y Química de primero de Bachillerato. **Enseñanza de las Ciencias**, v.24, n.3, p.325-336, 2006.

REIGOSA CASTRO, Carlos Emilio; JIMENÉZ ALEIXANDRE, María Pilar. La cultura científica em la resolución de problemas en el laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.18, n.2, p.275-284, 2000.

ROSA, Maria Inês Petrucci. **Investigação e ensino: articulações e possibilidades na formação de professores de Ciências**. Ijuí: Editora Unijuí, 2004.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n.2, p.133-162, 2000.

SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; DELIZOICOV, Demétrio. O laboratório didático de Física no ensino superior: contrastes e

transformações. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5. Bauru/SP. **Atas...**Bauru: ABRAPEC, 2005. p.1-13. CD-ROM.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. **Química Nova**, v.25, Suplemento 1, p.14-24, 2002.

SENAPESCHI, Alberto N.; TOLENTINO, Mário; SILVA, Roberto Ribeiro da, ROCHA-FILHO, Romeu C. Uma metodologia para levantamento e análise de disciplinas experimentais de Química. I. Habilidades experimentais. **Química Nova**, v.11, n.2, p.234-238, 1988.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; FERNANDEZ-GONZALEZ, Manuel; GALLEGOS, José A.; GONZALES-GARCIA, Francisco; DE MANUEL, Esteban; PERALES XAVIER, F; LEACH, John. Images of Science Linked to Labwork: A Survey of Secondary School and University Students. **Research in Science Education**, v.31, p.499-523, 2001.

SGUISSARDI, Valdemar. A avaliação defensiva no “modelo CAPES de avaliação” – É possível conciliar avaliação educativa com processos de regulação e controle do Estado?. **Perspectiva**, v.24, n.1, p.49-88, 2006.

SHILAND, Thomas W. Constructivism: the implications for laboratory work. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n.1, p.107-108, 1999.

SILVA, Lenice Heloísa Arruda da; ZANON, Lenir Basso. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, Roseli Pacheco; ARAGÃO, Rosália Maria Ribeiro de. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000. p.120-153.

SILVA, Rejane Maria Ghisolfi da; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Constituição de professores universitários de disciplinas sobre o ensino de Química. **Química Nova**, v.28, n.6, p.1123-1133, 2005.

SILVEIRA, Fernando Lang. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v13, n.3, p.219-230, 1996.

SUTTON, Clive. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.1, p.21-25, 2002.

TAPIA, Jesus Alonso. Motivação e aprendizagem no ensino médio. In: Coll, Cesar. *et al.* **Psicologia da aprendizagem no ensino médio**. Porto Alegre: Artmed, 2003. p.103-139.

TOLENTINO, Mário; SILVA, Roberto Ribeiro da; ROCHA-FILHO, Romeu C.; SENAPESCHI, Alberto N. Uma metodologia para levantamento e análise de disciplinas experimentais de Química. II. Análise dos conteúdos de disciplinas das áreas de Química Inorgânica e Orgânica. **Química Nova**, v.11, n.2, p.340-347, 1988.

VASCONCELOS, Maria Lucia Marcondes Carvalho. **A formação do professor do ensino superior**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

VIANNA, José F.; SLEET, Ray J.; JOHNSTONE, Alex H. Designing an undergraduate laboratory course in general chemistry. **Química Nova**, v.22, n.2, p.280-288, 1999b.

VIANNA, José F.; SLEET, Ray J.; JOHNSTONE, Alex H. The use of mini-projects in an undergraduate laboratory course in Chemistry. **Química Nova**, v.22, n.1, p.138-142, 1999a.

WELLINGTON, Jerry (Org.). **Practical Work in school science: which way now?** London: Routledge, 1998.

WELLINGTON, Jerry. Practical Work in science: time for reappraisal. In: WELLINGTON, Jerry. **Practical Work in school science: which way now?** London: Routledge, 1998. p.3-15.

ZABALZA, Miguel Antonio. **O ensino universitário: seu cenário e seus protagonistas**. Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ZANETIC, João. Física e literatura: construindo uma ponte entre duas culturas. História, **Ciência e Saúde — Manguinhos**, v.13 (suplemento), p.55-70, 2006.

ZANETIC, João. **Practical work in physics teaching/learning at the university level**. 1974. (Dissertation). Center for Science Education, University of London, London.

ZUCCO, César. Graduação em Química: avaliação, perspectivas e desafios. **Química Nova**, v. 30, n.6, p.1429-1434, 2007.

ANEXOS

Anexo 1- Roteiros das entrevistas

Roteiro da entrevista com os formadores das componentes curriculares de conteúdo específico

- Qual o seu parecer geral sobre o experimento divulgado no artigo?
- Há algum aspecto que não esteja contemplado no artigo e que você considera importante no desenvolvimento de atividade experimental? Qual(is)?
- Quais os seus comentários sobre os possíveis entendimentos de ensino, aprendizagem e Ciência expressos na sugestão de experimento, bem como acerca das questões relativas à segurança no laboratório e aos resíduos?
- Como você realizaria o experimento descrito neste artigo? Ou, como você geralmente desenvolve os experimentos?
- Por que você desenvolveria a atividade experimental dessa forma?
- Quando e por que você começou a escrever propostas de atividades experimentais?
- Você poderia descrever como a graduação e a pós-graduação contribuíram, ou não, para a sua aprendizagem sobre o papel da experimentação no ensino de Química?
- Há outros momentos no seu percurso profissional e em sua formação escolar que contribuíram para a aprendizagem sobre o papel da experimentação no ensino de Química? Se há comente quais e como contribuíram? Se não houve, você considera importante que fossem construídos momentos de aprendizagem sobre o papel da experimentação no ensino? Como, em sua opinião, deveria ter sido construído esse momento?

UMA PROPOSTA DE SÍNTESE PARA O ENSINO INTEGRADO DAS DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO

Robson Fernandes de Farias*

Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, CP 167, 69301-970 Boa Vista - RR

Recebido em 6/2/02; aceito em 30/4/02

A PROPOSAL OF SYNTHESIS FOR THE INTEGRATED TEACHING OF ORGANIC AND INORGANIC EXPERIMENTAL CHEMISTRY IN THE UNDERGRADUATE COURSES The synthesis of the layered compound $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ and its use to oxidize 2-butanol to the ketone 2-butanone, is proposed as an experiment to integrate the organic and inorganic experimental undergraduate chemistry courses, in an attempt to overcome the observed disjuncture between organic and inorganic chemistry.

Keywords: vanadium compounds; experimental chemistry; undergraduate students.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas, sobretudo nos chamados novos materiais, têm contribuído para a interpenetração experimental e teórica de diferentes ciências, ou sub-áreas de uma mesma ciência, num fenômeno denominado de interdisciplinaridade. No que diz respeito à química em particular, as barreiras artificialmente estabelecidas durante sua evolução¹ têm sido progressivamente superadas, abrindo espaço para o ensino integrado de suas diferentes sub-áreas através, por exemplo, da ciência de materiais². Destaque-se ainda, dentro desta perspectiva, o uso de tecnologias interativas³, a integração teoria-prática⁴ e a contextualização no ensino⁵. Nos parâmetros curriculares nacionais (PCN), os chamados temas transversais⁶ são propostos como forma de inter-relacionar e contextualizar as diferentes disciplinas.

No ensino médio, observa-se uma nítida separação entre o ensino da química orgânica e as demais sub-áreas da química, inclusive com um livro (o vol. 3) dedicado exclusivamente à química orgânica, que geralmente é ensinada no terceiro ano. Assim estabelece-se, desde o ensino médio, a noção de que a química orgânica é uma "química diferente", à parte dos demais conteúdos que envolvem o ensino-aprendizagem da ciência química.

Nos cursos universitários, tal separação também se faz sentir, tanto nos cursos teóricos quanto nas disciplinas experimentais, parecendo que a química é dividida em compartimentos estanques, com uma total desvinculação entre a parte "orgânica" e a parte "inorgânica" da química. Tal separação, extremamente nociva, termina por se perpetuar na vida profissional dos futuros químicos observando-se, de modo geral, pouco entrosamento entre os "orgânicos" e os "inorgânicos", esquecendo-se que a química é uma só, com as subdivisões existentes determinadas por fatores históricos ligados à própria evolução da química enquanto ciência, bem como pela necessidade de subdividir o conhecimento existente, a fim de facilitar sua sistematização¹. Chega-se mesmo a observar, não raras vezes, certa dose de preconceito entre os "orgânicos" e os "inorgânicos", cada um considerando a sua fração (facção?) do conhecimento químico como a mais importante.

Numa tentativa de superar já na graduação a disjunção entre "or-

gânicos" e "inorgânicos", o presente artigo traz uma proposta de prática que visa integrar os cursos experimentais de química orgânica e inorgânica. Para tal apresenta-se a síntese do composto lamelar $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ e sua subsequente utilização para a oxidação do 2-butanol à 2-butanona.

PARTE EXPERIMENTAL

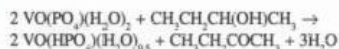
Síntese do $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$

O composto lamelar (ver comentários) $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ pode ser sintetizado conforme descrito a seguir⁷:

- triture 11,0 mmols de V_2O_5 , pesando em seguida 5,3 mmols deste composto;
- coloque os 5,3 mmols de V_2O_5 num balão de fundo redondo de 50 cm^3 (acrescente uma barra magnética). Adicione então 5,3 cm^3 de ácido fosfórico concentrado, 11 cm^3 de água e três gotas de ácido nítrico concentrado;
- deixe a mistura preparada anteriormente em refluxo por 3 h;
- espere a mistura esfriar e então filtre os cristais formados, lavando-os com 20 cm^3 de água e 10 cm^3 de acetona (nesta ordem). Guarde até o composto secar à temperatura ambiente.

Utilização do $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ para a obtenção da 2-butanona a partir do 2-butanol

Compostos de vanádio (V) são fortes oxidantes. Nesta etapa da prática, o composto $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ será utilizado para oxidar o 2-butanol a 2-butanona, de acordo com a reação⁸:



Seguindo-se o seguinte procedimento experimental:

- coloque 2,53 mmols de $\text{VO}(\text{PO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ e 10 cm^3 de 2-butanol em um balão de fundo redondo de 25 cm^3 (utilize uma barra magnética para agitação). Aqueça a mistura até a temperatura de refluxo, deixando-a refluxar por 24 h;
- deixe a mistura resultante esfriar e então filtre os cristais azuis, ou seja o composto $\text{VO}(\text{HPO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_{1,5}$. A presença de 2-butanona no filtrado pode ser testada utilizando-se 2,4,-dinitrofenil-hidrazina⁹.

*e-mail: robdefarias@yahoo.com.br

COMENTÁRIOS E SUGESTÕES

Caberá a cada professor, de acordo com sua realidade específica, decidir qual a melhor forma de aproveitamento do experimento proposto. Pretende-se que o experimento seja "deixado em aberto", permitindo-se a cada professor as adaptações necessárias. Contudo, alguns comentários e sugestões relativos ao experimento em si, ou ao seu aproveitamento num curso integrado de química orgânica/química inorgânica, talvez possam ser úteis:

- 1) Neste experimento, exemplifica-se a utilização de um composto inorgânico para a preparação de um composto orgânico (o composto de vanádio (V) neste caso, não se enquadra na definição estrita de catalisador, uma vez que sua composição química é alterada após a reação), respondendo-se à tão corriqueira (e irritante para alguns professores) pergunta, insistentemente formulada pelos estudantes: para que serve este composto que preparamos?
- 2) A prática proposta tanto pode ser realizada num curso de química experimental inorgânica quanto num de química orgânica, devendo o professor, em qualquer dos casos, ressaltar a sobreposição das químicas orgânica e inorgânica no experimento. Pode-se ainda promover uma total interação/integração dos cursos experimentais de química orgânica e inorgânica: os "inorgânicos" sintetizariam o composto $\text{VO}(\text{PO}_3)(\text{H}_2\text{O})_2$, que seria então utilizado pelos "orgânicos" para a síntese da 2-butanona a partir do 2-butanol, devolvendo-se então aos "inorgânicos", o novo composto, ou seja, o $\text{VO}(\text{HPO}_3)(\text{H}_2\text{O})_{0,5}$. Perceba-se que a reação entre $\text{VO}(\text{PO}_3)(\text{H}_2\text{O})_2$ e 2-butanol pode ser encarada sob duas perspectivas distintas: como rota de síntese para a 2-butanona (diriam os orgânicos), ou como rota de síntese para o $\text{VO}(\text{HPO}_3)(\text{H}_2\text{O})_{0,5}$ (diriam os inorgânicos).
- 3) Caso não se disponha de muitos recursos para a caracterização dos produtos formados, a síntese de cada composto de vanádio poderá ser confirmada simplesmente pela mudança de cora-

ção, visto que o V_2O_5 é um sólido marrom, o $\text{VO}(\text{PO}_3)(\text{H}_2\text{O})_2$ é amarelo e o $\text{VO}(\text{HPO}_3)(\text{H}_2\text{O})_{0,5}$ é azul. Para confirmar a formação da 2-butanona, poder-se-á utilizar a reação desta com a 2,4-dinitrofenil-hidrazina, conforme sugerido anteriormente. Caso não se disponha deste reagente, ou de qualquer outro método analítico, uma alteração de odor apenas (comparando-se 2-butanol e 2-butanona) poderá ser utilizada como critério (Cuidado! Os compostos devem ser aspirados brevemente, evitando-se inalar grandes quantidades). Caso existam recursos disponíveis, a obtenção do difratograma de raios-X será suficiente para a identificação do $\text{VO}(\text{PO}_3)(\text{H}_2\text{O})_2$. A conversão de 2-butanol a 2-butanona poderá ser acompanhada por cromatografia gasosa, determinando-se inclusive a cinética do processo, mediante a análise de alíquotas retiradas em diferentes intervalos de tempo após o início da reação (neste caso haveria também uma integração com os cursos de química analítica e físico-química).

- 4) Itens para pesquisa: o que são, quais as reações e possíveis utilizações dos compostos lamelares?

REFERÊNCIAS

1. Ibdé, A.J.; *The Development of Modern Chemistry*, Dover: New York, 1984.
2. Widstrand, C.G.; Nordell, K.J.; Ellis, A.B.; *J. Chem. Ed.* **2001**, *78*, 1044.
3. Ferreira, V.F.; *Quim. Nova* **1998**, *21*, 780.
4. Bieber, L.W.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 605.
5. Lima, J. de F.L. de; Pina, M. do S.L.; Barbosa, R.M.N.; Jôfil, Z.M.S.; *Quim. Nova na Escola* **2000**, *11*, 26.
6. Macedo, E.F. de; *Quim. Nova na Escola* **1998**, *8*, 23.
7. R'Kha, C.; Vandenboore, M.T.; Livage, J.; Prost, R.; Huard, E.; *J. Solid State Chem.* **1986**, *63*, 202.
8. Elisson, I.J.; Hutchings, G.J.; Sananes, M.T.; Volta, J.-C.; *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1994**, 1093.
9. Pavia, D.L.; Lampman, G.M.; Kriz, G.S.; Engel, R.G.; *Organic Laboratory Techniques - Small-scale Approach*, Saunders College Publishing: New York, 1998, p. 509.

Roteiro da entrevista com os formadores das componentes curriculares integradoras

- Como você vê o ensino sobre experimentação nos cursos de Licenciatura em Ciências Naturais?
- Quais os conhecimentos relativos à experimentação no ensino de Ciências/Química você aborda na formação inicial de professores?
- Por que você aborda esses conhecimentos? Quais os critérios para escolher esses conhecimentos e não outros?
- Você já abordou outros conhecimentos relativos à experimentação no ensino de Ciências? Caso positivo, você poderia comentar acerca da importância desses conhecimentos para a aprendizagem a respeito da experimentação no ensino de Ciências/Química?
- Você poderia apontar ainda outros conteúdos relativos à experimentação relevantes para serem apropriados pelos licenciandos em Ciências Naturais/Química?
- Como você ensina aos licenciandos os conhecimentos relativos às atividades experimentais no ensino de Ciências/Química?
- Por que você ensina sobre experimentação no ensino de Química dessa forma?
- Você já experimentou outras formas de ensinar sobre as atividades experimentais no ensino de Ciências/Química? Caso positivo, comente como você os ensinava e quais as contribuições positivas e/ou negativas desses modos de ensinar para favorecer a aprendizagem sobre a experimentação no ensino de Ciências Naturais/Química?
- Você poderia apontar ainda outros modos de ensinar aos licenciandos que poderiam contribuir para a aprendizagem acerca da experimentação no ensino de Ciências/Química?

- Quais seus comentários sobre as aprendizagens dos licenciandos sobre experimentação durante o curso de Licenciatura em Química?

- Qual a sua opinião sobre a presença de uma disciplina unicamente sobre experimentação no ensino de Química na grade curricular da Licenciatura?

Anexo 2- Referências da Revista *Química Nova*

Referências da *Química Nova*

ALBERTIN, Ricardo; ARRIBAS, Marco A. G.; BASTOS, Erick L.; RÖPKE, Sascha; SAKAI, Patrícia N.; SANCHES, Andrey M. M.; STEVANI, Cassius V.; UMEZU, Ilka S.; Yu, Joana; Baader, Wilhelm J. Quimiluminescência orgânica: alguns experimentos de demonstração para a sala de aula. **Química Nova**, v.21, n.6, p.772-779, 1998.

ARAÚJO, Adriano L. de; NEVES Carlos A.; FERREIRA, Ana Maria C.; ARAKI, Koiti. Simulação do processo Solvay no laboratório didático. **Química Nova**, v.21, n.1, p.114-116, 1998.

ARROIO, Agnaldo; HONÓRIO, Káthia M.; WEBER, Karen C.; HOMEM-DE-MELLO Paula; GAMBARDELLA, Maria Teresa do Prado; SILVA, Albérico B. F. Show da Química: motivando o interesse científico. **Química Nova**, v.29, n.1, p.173-178, 2006.

BAPTISTELLA, Lúcia H. B.; GIACOMINI, Rosana A.; IMAMURA, Paulo M. Síntese de analgésico paracetamol e fanacetina e do adoçante dulcina: um projeto de química orgânica experimental. **Química Nova**, v.26, n.2, p.284-286, 2003.

BEHRING, João Lino; LUCAS, Mônica; MACHADO, Clodoaldo; BARCELLOS, Ivonete Oliveira. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da Química. **Química Nova**, v.27, n.3, p.492-495, 2004.

BERNAL, Claudia; COUTO, Andréa Boldarini; BREVIGLIERI, Susete Trazzi; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais – DSC. **Química Nova**, v.25, n.5, p.849-855, 2002.

BIEBER, Lothar W. Química Orgânica Experimental: integração de teoria, experimento e análise. **Química Nova**, v.22, n.4, p.605-610, 1999.

BONAPACE, José Alberto P. O coulômetro de sódio – um experimento interessante de eletroquímica. **Química Nova**, v.27, n.4, p.668-669, 2004.

BRENELLI, Eugênia Cristina Souza. A extração de cafeína em bebidas estimulantes – uma nova abordagem para um experimento clássico em Química Orgânica. **Química Nova**, v.26, n.1, p.136-138, 2003.

BUSTOS, Carlos; SALGADO, Guilherme; MARTÍEZ, Rolando; CARRIÈRE, Francois. Determinacion de la configuracion E-Z de los acidos fumarico y maleico. Un experimento orientado a incentivar el desarrollo de la invetigacion cientitifica en alumnos de pegrado. **Química Nova**, v.23, n.4, p.568-570, 2000.

CANDEIA, Nuno R.; GOIS, Pedro M. P.; AFONSO, Carlos A. M. Inserção C-H de carbenóides de ródio em água e reutilização do catalisador. **Química Nova**, v.30, n.7, p.1768-1772, 2007.

CARDOSO, William da Silva; LONGO, Claudia; DE PAOLI, Marco-Aurelio. Preparação de eletrodos opticamente transparentes. **Química Nova**, v.28, n.2, p.345-349, 2005.

CHAVES, Mariana. A análise de extratos de plantas por CCD: uma metodologia aplicação à disciplina de Química Orgânica. **Química Nova**, v.20, n.5, p.560-562, 1997.

CUNHA, Sílvio; LIÃO, Luciano M.; BONFIM, Ricardo R.; BASTOS, Rodrigo M.; MONTEIRO, Ana Paula M.; ALENCAR, Kelly S. Síntese do isobutileno e seu emprego em reações de esterificação: propostas de aulas práticas de Química Orgânica para a graduação. **Química Nova**, v.26, n.3, p.425-427, 2003.

FARIA, Roberto de Barros. Eletrólises com eletrodos ativos: uma aula pratica de química geral. **Química Nova**, v.8, n.3, p.167-170, 1985.

FERREIRA, Vitor F.; SILVA, Fernando C.; PERRONE, Clarissa C. Sacarose no laboratório de Química Orgânica da graduação. **Química Nova**, v.24, n.6, p.905-907, 2001.

GODINHO; Oswaldo E. S.; EBERLIN, Marcos N. Revendo uma velha reação no laboratório de análise qualitativa. **Química Nova**, v.8, n.2, p.115, 1985.

HARTWIG, Dácio R.; ROCHA-FILHO, Romeu C. Experiências e analogias simples para o ensino de conceitos em Química. III – Resultados da aplicação de uma visualização para a deposição metálica espontânea. **Química Nova**, v.11, n.3, p.333-340, 1988.

IMAMURA, Paulo Mitso; BAPTISTELLA, Maria Helena Brito. Nitração do fenol, um método em escala semi-micro para disciplina prática de 4 horas. **Química Nova**, v.23, n.2, p.270-272, 2000.

LEITE, Oldair Donizeti; FATIBELLO-FILHO, Orlando; ROCHA, Fábio R. P. Um experimento de análise em fluxo envolvendo reações enzimáticas e quimiluminescência. **Química Nova**, v.27, n.2, p.337-341, 2004.

MAIA, Alessandra de Souza; OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos. Decomposição térmica do bicarbonato de sódio – do processo Solvay ao diagrama tipo Ellingham. **Química Nova**, v.26, n.4, p.595-601, 2003.

MERAT, Leila Maria Oliveira Coelho; SAN GIL, Rosane Aguiar da Silva. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de Química Orgânica experimental. **Química Nova**, v.26, n.5, p.779-781, 2003.

MÜLLER, Roberto Andrea; BATRES, Eduardo Jaime Quirós. Uma experiência de cristalografia. **Química Nova**, v.18, n.4, p.382-383, 1995.

NAVARRO, Marcelo; SENA, Vera L. M.; SRIVASTAVA, Rajendra M.; NAVARRO, Daniela M. do Amaral Ferraz. Atualizando a Química Orgânica experimental da licenciatura. **Química Nova**, v.28, n.6, p.1111-1115, 2005.

OKUMURA, Fabiano; CAVALHEIRO, Éder T. G.; NÓBREGA, Joaquim A. Experimentos Simples Usando Fotometria de chama para ensino de princípios de espectrometria atômica em cursos de química analítica. **Química Nova**, v.27, n.5, p.832-836, 2004.

OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos; KUYA, Miuaco Kawashita; MAIA, Alessandra de Souza; OLIVEIRA, Wanda. Um experimento-charada usando data-show e resinas de troca iônica. **Química Nova**, v.26, n.6, p.960-965, 2003.

OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos; OLIVEIRA, Wanda. Polifosfatos em detergente em pó comerciais. **Química Nova**, v.24, n.5, p.700-708, 2001.

PERNAUT, Jean Michel, MATENCLO, Tulio. Desenvolvimento e aplicação de células eletroquímicas em camada delgada. **Química Nova**, v.22, n.6, p.899-902, 1999.

PISSETTI, Fábio L.; NONÔ, Rogério S.; GUSHIKEN, Yoshitaka; DIAS, Gilson H. M. Síntese de complexo ferro (II)-nitrogênio: abordagem dos conceitos de reatividade e retrodoação para alunos de graduação em Química. **Química Nova**, v.30, n.3, p.723-726, 2007.

PRADO, Alexandre G. S.; FARIA, Elaine A.; PADILHA, Pedro M. Aplicação e modificação química da sílica gel obtida de areia. **Química Nova**, v.28, n.3, p.544-547, 2005.

RINALDI, Roberto; GARCIA, Camila; MARCINIUK, Leticia Ledo; ROSSI, Adriana Vitorino; SHUCHARDT, Ulf. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para o laboratório de Química Geral. **Química Nova**, v.30, n.5, p.1374-1380, 2007.

ROCHA, Fábio Rodrigo Piovezani; MARTELLI, Patrícia Benedini; REIS, Boaventura Freire dos. Experimentos didáticos utilizando sistema de análise por injeção em fluxo. **Química Nova**, v.23, n.1, p.119-125, 2000.

SILVA, César Ricardo; SIMONI, José de Alencar. Avaliação da capacidade tamponante – um experimento participativo. **Química Nova**, v.23, n.3, p.405-409, 2000.

SIMONI, Deborah de Alencar; ANDRADE, João Carlos; FAIGLE, José Fernando Gregório, SIMONI, José de Alencar. Um experimento com propostas múltiplas para um laboratório de Química Geral. **Química Nova**, v.25, n.6, p.1034-1039, 2002.

SOARES, Bluma G.; PIRES, Dario X.; SOUZA, Nelson A. Uma experiência didática no ensino da química orgânica em laboratório. **Química Nova**, v.10, n.1, p.27-33, 1987.

SOARES, Marlon Hebert Flora Barbosa; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes; ANTUNES, Patrícia Alexandra. Aplicação de extratos brutos de flores de quaresmeira e azaléia e da casca de feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento para cursos de análise quantitativa. **Química Nova**, v.24, n.3, p.408-411, 2001.

TERCI, Daniela Brotto Lopes; ROSSI, Adriana Vitorino. Indicadores Naturais de pH: usar papel ou solução? **Química Nova**, v.25, n.4, p.684-688, 2002.

TUBINO, Matthieu; SIMONI, José de Alencar. Determinação experimental dos raios cristalográficos dos íons sódio e cloreto. **Química Nova**, v.30, n.7, p.1763-1767, 2007.

TUBINO; Mathieu. Determinação de parâmetros de uma célula unitária – experiência de Química Geral. **Química Nova**, v.6, n.3, p.109-111, 1983.

VAZQUEZ, Pedro A. M.; SABADINI, Edvaldo; OLIVEIRA, Marcelo G. Aplicação do método de regressão polinomial ao diagrama de fase do sistema fenol/água: um experimento para o ensino de Físico-Química. **Química Nova**, v.14, n.1, p.55-60, 1991.

VIANNA, José Francisco; PIRES, Dario Xavier; VIANA, Luiz Henrique. Processo químico industrial de extração de óleo vegetal: um experimento de Química Geral. **Química Nova**, v.22, n.5, p.765-768, 1999.

ZARBIN, Aldo José Gorgatti; DAVANZO, Celso U. Reações de intercalação em V_2O_5 lamelar: uma experiência de estado sólido para a graduação. **Química Nova**, v.18, n.5, p.494-499, 1995.