

# **História da ciência e ensino no laboratório: considerações sobre experimentação, visão de ciência e replicação de experimentos históricos no ensino de química**

## **History of science and education in the laboratory: some remarks on experimentation, vision of science, and replication of historical experiments in chemistry teaching**

**Maria Helena Roxo Beltran**

PEPG em História da Ciência/Cesima/PUCSP  
lbeltran@pucsp.br

### **Resumo**

A realização de experimentos em cursos de ciências tem sido foco de diversas considerações por parte dos educadores. Isso não é de se estranhar, levando em conta os variados papéis que tais atividades podem exercer no ensino. Mais recentemente, a realização de experimentos tem sido considerada como recurso relevante para se ensinar também sobre ciência, em propostas de abordagens históricas a conteúdos de ensino. Também nesse caso, os experimentos podem desempenhar diferentes papéis. Assim, este estudo teórico procura analisar algumas relações entre concepções pedagógicas e tendências historiográficas em história da ciência tendo por foco o papel dos experimentos no ensino na formação de visões de ciência entre os estudantes. Focalizaremos especialmente as tendências manifestadas no ensino de química no Brasil, desde a configuração do ensino médio nas primeiras décadas do século passado.

**Palavras chave:** história da ciência, história da ciência e ensino, experimentos históricos, ensino de química

### **Abstract**

Experiments in science courses have been the focus of several considerations on the part of educators. This is not surprising, taking into account the varied roles that such activities can have on education. More recently, performing experiments has been regarded as relevant resource to teach also about science, in proposals for historical approaches to teaching. Here again, experiments can play different roles. Thus, this theoretical study analyzes some relations between pedagogical concepts and historiographical trends in the history of science with a focus on the role of experiments in teaching and its influence on visions of science among students, especially regarding chemical education.

**Key words:** history of science, history of science and education, historical experiments, chemistry teaching

## **Introdução**

O uso de experimentos no ensino de ciências tem sido foco de diversos estudos na área. Especialmente no que se refere ao ensino de química no Brasil, a carência da experimentação tem sido apontada como uma das limitações a ser superada na Educação Básica (ZANON & MALDANER, 2002). Além disso, grande parte dos trabalhos que lidam com esse aspecto do ensino aponta para fatores positivos da experimentação. Isso pode ser observado no estudo de Silva e Machado (2008) sobre experimentação no ensino de química. Embora esse trabalho dedique-se a questões éticas e ambientais, apresenta em sua introdução uma retrospectiva das publicações relativas ao uso da experimentação no ensino básico desde os anos 70. Entretanto, nessas mesmas publicações citadas por Silva e Machado, encontram-se vários questionamentos e ressalvas sobre os diferentes papéis desempenhados pelos experimentos, tanto no que diz respeito ao ensino de ciência, quanto às visões de ciência que eles podem transmitir.

Assim, no presente estudo teórico pretende-se analisar aspectos do papel desempenhado pelos experimentos em diferentes tendências pedagógicas manifestadas na história da educação brasileira, bem como suas relações com visões de ciência e do trabalho científico ligadas a tendências historiográficas da história da ciência. Ao final do estudo, levando em conta tais relações, comentaremos sobre o papel dos experimentos históricos no ensino de ciências, uma tendência atual na interface entre história da ciência e ensino.

### **Os diferentes papéis do experimento no ensino de química no Brasil**

Na história da educação no Brasil algumas tendências pedagógicas mostraram-se predominantes em diferentes períodos, como descrito na interessante síntese histórica que consta do volume introdutório dos PCNs (BRASIL, 1997: 30-33). Conforme esse texto, as tendências tradicional, renovada, tecnicista, centrada em preocupações sociais e políticas e construtivista são apresentadas como as mais relevantes. Adotaremos esse perfil da tradição pedagógica brasileira para organizarmos nossas considerações sobre os diferentes papéis desempenhados pelo experimento no ensino de química e na formação de idéias sobre a ciência, bem como suas relações com as perspectivas historiográficas da história da ciência.

Nas primeiras décadas do século XX, período em que o sistema educacional brasileiro se organizava, inclusive com a criação do Ministério da Educação e da Saúde (1931), passa então atribuída por Getúlio Vargas a Francisco Campos, firmava-se a concepção tradicional de educação escolar, cuja idéia central era “a transformação, pela escola, dos indivíduos ignorantes em cidadãos esclarecidos” (SAVIANI, 2007, p. 177).

Na escola tradicional, o aprendiz é considerado um quadro em branco onde o conhecimento será desenhado pela ação educativa do professor. Assim, o conhecimento, particularmente o concernente às ciências naturais e exatas, é tido como algo pronto e passível de ser transmitido aos jovens.

Nessa tendência pedagógica os experimentos são valorizados como formas de comprovar teorias expostas em sala de aula. Conforme Sicca (1990), em estudo no qual analisa legislação, livros didáticos e depoimentos de antigos alunos da escola secundária, nos anos 30 predominam as aulas práticas por demonstração, “geralmente ligadas ao estudo da preparação ou das propriedades dos compostos” (SICCA, 1990: 28). De fato, as antigas escolas secundárias contavam com anfiteatros e laboratórios em que os estudantes assistiam a demonstrações experimentais ou seguiam procedimentos para o preparo de alguns materiais

importantes na indústria. Com isso, realizavam observações de fenômenos que ilustravam os conceitos transmitidos em sala.

Essa tendência pedagógica e a decorrente consideração pelas aulas práticas são plenamente condizentes com a perspectiva historiográfica tradicional marcada pela visão positivista de progresso. Essa perspectiva tradicional busca no passado apenas conceitos, idéias ou práticas que tenham alguma relação com os conhecimentos do presente. Com isso, a identificação de precursores e de “pais” de determinados conhecimentos, ou mesmo de todo um campo de conhecimentos é enfatizada. Por outro lado, certos conhecimentos, como a alquimia e a astrologia, por exemplo, os quais em outras épocas eram legítimos e altamente valorizados enquanto ciências, seriam deixados de lado ou, na melhor das hipóteses, considerados como “pseudociências”. Além disso, quando foram consideradas as raízes mais remotas da ciência moderna, prevaleceu a crença na origem grega de todo conhecimento científico, bem como a idéia de que o modelo de desenvolvimento das ciências físicas seria válido para todas as ciências.

Enfim, podemos sumarizar as principais características dessa tendência historiográfica tradicional nos seguintes aspectos: visão da História da Ciência como linear e progressiva, adotando as ciências físicas (mecânica) como modelo, um estudo do passado selecionando apenas idéias, teorias e práticas que pareçam ter permanecido no presente, ênfase na consideração de “erros” e “acertos” dos feitos passados, tomando como critério as idéias científicas do presente, consagração de “precursores” ou “pais” das idéias científicas do presente, distinção entre ciência e pseudociência. (ALFONSO-GOLDFARB, FERRAZ & BELTRAN, 2004).

Embora nos dias de hoje tal perspectiva historiográfica possa parecer “errônea” e até mesmo “condenável”, ela fundamentou tanto as iniciativas pioneiras de G. Sarton (1884-1956) na institucionalização da História da Ciência enquanto área específica de conhecimento, quanto importantes trabalhos nessa área, tais como os volumes monumentais da *Introduction to the History of Science*, escritos pelo próprio Sarton e publicados entre 1927 e 1947, os quais apresentam, em seqüência, estudos que vão de Homero ao século XIV. A tradição positivista também subjaz à gigantesca compilação de antigos originais gregos, a *Collection des Ancients Alchimiques Grecques*, organizada por Marcelin Berthelot (1827-1907). Essa obra do destacado químico e diplomata francês também apresenta estudos sobre os manuscritos selecionados nos quais procura identificar, no passado remoto, aspectos da ciência química de sua própria época. Dessa forma, olhando o passado com os olhos do presente, construiu uma história do progresso linear e inexorável do conhecimento sobre a matéria e suas transformações, coerentemente com a perspectiva positivista vigente em seus dias.

Mesmo assim, e apesar das críticas especialmente às traduções dos textos árabes que publicou, nas compilações realizadas por Berthelot encontram-se algumas das únicas versões de antigos textos para uma língua moderna. Dessa forma, embora esses estudos estejam ultrapassados em termos de perspectiva historiográfica, seu valor sobrevive. Com essa consideração, gostaríamos de ressaltar que não se pode considerar as perspectivas historiográficas como “certas” ou “erradas”, pois elas são produtos legítimos de sua época, ou seja, elas mesmas devem ser contextualizadas. Assim, também não é adequado falar em “prescrições” ou em “recomendações” historiográficas. Historiografia não é prescrição; é construção humana contextualizada em termos de visões de ciência, de sociedade e de concepções sobre as formas de se elaborar e transmitir conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades.

Do que foi acima exposto, pode-se perceber a coerência entre o papel da experimentação na tendência pedagógica tradicional e a perspectiva historiográfica também dita tradicional, já

que baseadas na mesma visão de ciência como edificação construída por grandes descobertas e cujo progresso representaria o próprio avanço da humanidade. Nas palavras de G. Sarton:

“[...] é apenas do ponto de vista de suas atividades científicas que a comparação da humanidade com um único homem, crescendo constantemente em experiência, pode ser justificada, e isso evidencia a unidade da humanidade, mais uma vez e mais enfaticamente do que qualquer outra coisa; é apenas no campo da ciência que um progresso definido e contínuo é tangível e indiscutível;” (SARTON, 1952, pp. 11-12)

Entretanto, na década de 30, o laboratório também viria ser considerado em outra tendência pedagógica - a do ensino renovado - que à época teve como expressão o manifesto dos Pioneiros da Escola Nova. Centralizando o processo de ensino-aprendizagem no desenvolvimento psicológico do aluno e visando sua auto-realização, a tendência escolanovista continuou, entretanto, a considerar a ciência como processo de progresso contínuo, uma tônica evidenciada na obra de Fernando de Azevedo *As Ciências no Brasil* ([1955]/1994).

No ensino renovado, o aluno ativo realizava os experimentos e até mesmo propunha projetos de investigação que envolviam o uso do laboratório. Acreditava-se que pensar como cientista, levaria os estudantes a compreender a ciência como a grande realização do conhecimento humano.

O alvo de formar cientistas foi levado ao extremo nos projetos renovados norte-americanos dos anos 60. Equipes multidisciplinares constituídas por reconhecidos cientistas, educadores e psicólogos foram formadas para elaborar novos projetos de ensino de ciências, enfatizando o fazer científico. Seguindo o guia do professor e passando por cursos de treinamento, os mestres seriam capazes de conduzir seus estudantes que aprenderiam a pensar como os cientistas, ou seja, a aplicar o infalível método científico. A visão de ciência que se passava era a da ciência neutra, deixando-se de lado toda a discussão sobre o papel da ciência na sociedade, que se desenrolava pelo menos desde o lançamento das bombas atômicas.

O uso de atividades práticas em laboratório também foi bastante valorizado nos projetos inovadores para o ensino de ciências, produzidos no Brasil dos anos 70-80. No caso do ensino de química, a base para tal ênfase foi o estudo pioneiro de R. Schnetzler (1980) que, a partir da análise dos livros didáticos brasileiros, identificou que memorização, falta de relação dos conteúdos com o cotidiano e ausência de experimentação eram as características daquele ensino. Daí, sob a liderança dessa mesma pesquisadora, deu-se início a um movimento de inovação no ensino de química, marcado pelo estabelecimento de grupos de ensino dedicados a elaborar projetos que, à época, eram chamados de “alternativos”. Uma das principais marcas desses projetos era exatamente a ênfase na experimentação. Com esse processo, começava a criar raízes a própria identidade da área de ensino de ciências. (SCHNETZLER, 2008)

Embora fundados na mesma visão de ciência neutra e caracterizada pelo progresso inexorável do conhecimento, esses projetos abriam possibilidades de “desmitificar a ciência”, como se dizia na época. O Brasil de então vivenciava a ditadura militar e alguns dos raros espaços de discussão e reflexão crítica estavam no campo das ciências. Isso pode ser evidenciado pelo papel fundamental que as reuniões da SBPC desempenhavam naquele período. Assim, naqueles tempos sombrios, o ensino de ciências por metodologias “alternativas”, representava uma significativa contribuição para a formação de estudantes mais críticos. Acreditava-se que orientar o aluno pelo caminho da observação de experimentos e elaboração de leis e teorias, buscando construir idéias bem fundamentadas, poderia contribuir para desenvolver nos estudantes o hábito de questionar afirmações sem base.

Porém, a padronização dos passos do método científico também teve outros desenvolvimentos, tais como sua adaptação a métodos de instrução programada, dentro da tendência da educação tecnicista enfatizada nas políticas educacionais da ditadura militar sistematizadas nas diretrizes da lei 5692/71 que instituiu o ensino secundário compulsoriamente profissionalizante. Dessa forma, destacavam-se as aplicações tecnológicas da ciência que continuava a ser vista como epítome do progresso humano.

Essa mesma visão de ciência subjaz às propostas ligadas à tendência pedagógica centrada em preocupações sociais e políticas que se manifesta na educação brasileira do período da abertura democrática. Embora os expoentes dessa tendência tenham criticado de forma contumaz a educação liberal ecolanovista, ligada ao ensino por descoberta, a ênfase colocada na necessidade de “socializar o saber sistematizado” não propiciou discussões sobre a concepção de ciência como progresso inexorável. Embora se possa concordar com o ataque à ênfase de formação de “mini-cientistas”, outras propostas apresentadas, tais como a alfabetização científica, mantiveram-se ligadas à visão de ciência como processo acumulativo e progressivo de descobertas e elaboração de conhecimentos cada vez mais aprimorados. Entretanto esse processo deveria ser compreendido pelos cidadãos para atuação consciente na sociedade.

Uma exceção dentro dessa mesma tendência foi a Proposta Curricular do Estado de São Paulo de 1986. Defendendo que o ensino de química fosse fundamentado em três pilares – experimentação, cotidiano e história da ciência – essa proposta traz uma visão de ciência como construção humana, conforme perspectiva historiográfica atual em história da ciência, afirmando que:

“A história da ciência mostra que podem coexistir explicações diferentes para o mesmo fato, numa mesma época, gerando conflitos entre as teorias, e competição entre os vários grupos de cientistas; conflitos que podem ser superados pelo surgimento de explicações que sintetizam os pensamentos anteriores, os esquecem ou os desprezam” (SÃO PAULO. SE. CENP, 1988, pp. 15-16).

Porém, seria apenas com a difusão de idéias construtivistas que a visão de ciência subjacente às propostas de ensino tenderia a deixar de se basear exclusivamente na idéia de progresso positivista, bem como a se aproximar de tendências historiográficas atuais em história da ciência (BELTRAN *et alii*, 2014). Assim, uma tendência pedagógica construtivista baseada no pressuposto de que da construção individual e social dos conhecimentos pretende que os conhecimentos científicos sejam (re-) construídos pelos alunos num processo em que o professor conduz os estudantes por meio de questionamentos. Daí, o trabalho no laboratório leva os estudantes, auxiliados pelo professor a questionar suas concepções prévias e a (re-) construir conceitos científicos. Dessa forma, grande parte dos experimentos propostos é investigativa podendo ser realizada pelos próprios estudantes ou por demonstração (DRIVER *et alii*, 1999). Assim, favorecendo discussão de idéias (re-) elaboradas pelos estudantes, sob questionamento do professor, os experimentos contribuem para formar uma visão de ciência como processo de construção e re-construção social de conhecimentos.

Até aqui procuramos evidenciar os diferentes papéis que os experimentos tem desempenhado nos cursos de química para o ensino básico brasileiro, especialmente no que diz respeito às relações entre tendência pedagógica, visões de ciência e a forma como se usa a experimentação no ensino de química. Passaremos agora a considerar uma tendência mais recente nas considerações do uso de experimentos no ensino, a chamada replicação de experimentos históricos.

## Experimentos históricos e ensino de química

Conforme H. Chang (2011, 317), experimentos históricos seriam “aqueles que surgem a partir do estudo da ciência do passado”. Eles podem incluir a reprodução fiel de antigos aparatos experimentais (replicação histórica), a reprodução dos fenômenos físicos focalizados em antigos experimentos (replicação física) e o que ele chama de experimentos de extensão. Esses últimos, aos quais o autor atribui grande relevância, seriam experimentos idealizados no passado e que apontariam para questões científicas que não foram suficientemente analisadas. Um exemplo seria a influência do material e do formato do recipiente na temperatura de ebulição da água, a qual foi registrada por estudiosos do passado e abandonada pela ciência atual. Para o autor o estudo de tais experimentos promoveria avanço do conhecimento científico atual (CHANG, 2011: 324-327). De fato, essas idéias de H. Chang são bastante desafiadoras, assim como sua defesa do valor educativo da replicação tanto história quanto física de experimentos do passado.

H. Chang argumenta sua defesa baseando-se em abrangente levantamento trazendo dados bastante positivos do uso de tais replicações no ensino de física. Porém, em relação à química, o autor apenas indica alguns trabalhos realizados por historiadores e não aplicados ao ensino. De fato, a replicação de experimentos históricos, bem como de experimentos clássicos já constitui uma tradição no ensino de física e nos espaços de divulgação científica. Exemplos claros disso são as salas dos modernos museus de ciências, como é o caso do Catavento, localizado em S. Paulo.

Porém, no caso da química, a replicação de experimentos históricos esbarra, já de início, em dificuldades específicas. A principal delas concerne aos próprios materiais a serem utilizados em supostas replicações. Isso porque, se hoje contamos no laboratório com reagentes padronizados de alta pureza, isso não ocorria em outros tempos. De fato, é comum encontrar nas descrições de antigos procedimentos, referências ao lugar de origem dos materiais a serem empregados. Isso pode ser observado, por exemplo, na descrição que o metalurgista V. Biringuccio (1480-c.1539) para o procedimento de obtenção de “água forte” a partir de:

“[...] uma parte de salitre muito bem refinado e o triplo de alúmen de rocha também muito bem lavado. Se for possível, use um pouco daquela espécie vermelha do Levante ou Cartagena; ou então, use algum proveniente de La Tolfa; e se não, algum daquela espécie branca que tenha sido previamente colocada em um pote ou em outro recipiente sobre o fogo de modo a exalar toda a sua umidade. Misture junto com essas coisas uma oitava parte, ou menos, de areia, cascalho ou tijolo esmigalhado. Mas, me parece melhor usar resíduos de água forte mais uma vez, se os tiver. Quando tiver misturado essas coisas, [...] encha as cucúrbitas” (BIRINGUCCIO, [1540]/ 1990: 181)

Como é bem sabido entre os químicos de hoje, as impurezas presentes nos reagentes podem interferir de maneira significativa no andamento e nos produtos de reações químicas. Isso limita a possibilidade da replicação histórica de antigas práticas de laboratório químico. A mesma limitação também se apresenta no caso de tentativas de reprodução de práticas laboratoriais alquímicas, constituindo uma dificuldade bem maior do que a interpretação dos estranhos nomes dos materiais, esses já decodificados há muito por historiadores da química.

Além desse impedimento, deve-se também levar em conta que as idéias sobre a composição da matéria em outras época e culturas eram diferentes das atuais. Isso compromete as tentativas de “tradução” da química antiga em termos modernos, como mostrado por Ferraz e Alfonso-Goldfarb (2012) para o caso das equações químicas.

Deve ainda ser levado em conta, que nas diversas épocas e culturas, a experimentação assumiu diferentes papéis. Assim, por exemplo, o termo “experiência”, para autores

medievais como Roger Bacon, era considerada como testemunho, ou vivência. Já, o termo “experimento” era utilizado ainda nas origens da ciência moderna com o significado de “receita” ou de “segredo”. (ALFONSO-GOLDFARB & BELTRAN, 2006).

Entretanto, isso não significa que não se possa utilizar experimentos em abordagens históricas no ensino de química. Pelo contrário, a realização de experimentos que propiciem diferentes explicações favorece o desenvolvimento da visão de ciência como construção humana e historicamente contextualizada (BELTRAN *et alii*, 2014).

Além disso, experimentos foram muito usados como forma de argumentação, nas origens da ciência moderna e, em muitos casos, serviam para defender concepções contraditórias (SAITO, 2014). Assim, enfatizar esse aspecto dos experimentos históricos pode contribuir para que os estudantes tenham uma nova perspectiva do fazer ciência, diferente da tão criticada concepção empírico-indutivista.

### **Considerações finais**

O uso da experimentação no ensino de química ainda constitui ponto central nas pesquisas em educação. Também nas propostas de interface entre história da ciência e ensino o papel da replicação de experimentos vem sendo discutido.

Do que foi visto, pode-se concluir que o uso de experimentos no ensino de química e sobre química, nas abordagens históricas, constitui um grande desafio a ser enfrentado pela elaboração de propostas bem fundamentadas em tendências pedagógicas e perspectivas historiográficas, as quais conduzem à construção de visões de ciência entre os estudantes.

### **Agradecimentos e apoios**

Este trabalho foi desenvolvido como parte do projeto “História da Ciência e Ensino: abordagens interdisciplinares no Ensino Superior (diagnóstico, formação continuada e especializada de professores)”, apoiado pelo Programa Observatório da Educação – OBEDUC (CAPES/INEP processo no. 23038.002603/2013-47)

### **Referências**

ALFONSO-GOLDFARB, A.M., FERRAZ, M. & BELTRAN, M. H. R. “A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços”. In ALFONSO-GOLDFARB, A.M., BELTRAN, M.H.R.. orgs. **Escrevendo a História da Ciência: Tendências, Propostas e Discussões Historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física/Educ/Fapesp, 2004, pp. 49-73

ALFONSO-GOLDFARB, A.M., BELTRAN, M.H.R.. orgs. **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. Educ/ Livraria da Física/ Fapesp, 2006.

AZEVEDO, F. **As Ciências no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994.

BELTRAN, M.H.R., SAITO, F., TRINDADE, L.S.P. **História da Ciência para formação de professores**. S. Paulo: Livraria da Física/Capes/Obeduc, 2014.

BERTHELOT, M. **Collection des Anciens Alchimistes Grecs**. Paris: Georges Steinheil, 1887.

- BRASIL. MEC. SEF. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais** / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1997.
- BIRINGUCCIO, V. **The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio: The Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy**, trad. ingl., introdução e notas por Cyril Stanley Smith e Martha Teach Gnudi, reimp.; N. York: Dover, 1990
- CHANG, H. How Historical Experiments Can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry. **Science & Education**, v. 20, 2011, p. 317–341
- DRIVER, R., ASOKO H., LEACH, J., MORTIMER, E., SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula, **Química Nova na Escola**, 9, 1999, pp. 31-40
- FERRAZ, M. H. M., ALFONSO-GOLDFARB, A. M. . O perigo de transpor nossas ideias a outros períodos históricos: um estudo de caso sobre as equações químicas. In: **35a. Reunião Anual Sociedade Brasileira de Química - Resumos**. São Paulo: SBQ, 2012. v. 1. p. HIS-001.
- SAITO, F. **As experiências relativas ao vazio de Blaise Pascal**. S. Paulo: Livraria da Física/Capes, 2014.
- SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. COORDENADORIA DE ESTUDOS E NORMAS PEDAGÓGICAS. (1988). **Proposta Curricular de Química para o 2o. Grau**. São Paulo: SE/CENP.
- SARTON, G. **Horus – A guide to the history of science**. Waltham (Mass.): The Chronica Botanica Co., 1952
- . **An Introduction to the History of Science**. Washington, D. F.: Carnegie Institution of Washington.(3vols.), 1927-47.
- SAVIANI, D. **História das Idéias Pedagógicas no Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2007.
- SCHNETZLER, R. P. **O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de química de 1875 a 1978**. Dissertação de Mestrado, Unicamp, 1980.
- . Educação Química no Brasil: 25 anos de ENEQ – Encontro Nacional de Ensino de Química. In M.I.P. Rosa e A.V. Rossi, orgs. **Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências**. Campinas: Editora Átomo, 2008, p. 17-38.
- SICCA, N. A. L. **A experimentação no ensino de química – 2º. Grau**. Dissertação de Mestrado, Unicamp, 1990.
- SILVA, R. R., MACHADO, P. F. L. “Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso”, **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 233-249, 2008.
- ZANON, L.B., MALDANER, O.A, orgs. **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.