

Interpretação e utilização de dados experimentais por estudantes de ensino médio para responder questões e resolver problemas.

Edson R. Santana¹ (PG)*, Dirceu D. D. de Souza^{1,2} (PG)*, Agnaldo Arroio¹ (PQ).
edsonrodriguessantana@hotmail.com

¹Faculdade de Educação – USP, ²EE Zuleika de Barros – SEE-SP

Palavras-Chave: aprendizagem sistêmica, experimentação, resolução de problemas.

RESUMO: A experimentação nas aulas de química é um tema que envolve debates entre os especialistas e professores da área. Pragmaticamente surge a questão: O que está sendo feito em nossas escolas? Este trabalho retoma este tema e discute à luz de recentes pesquisas internacionais, indicadores obtidos a partir da análise de réplicas construídas por estudantes da terceira série do ensino médio de uma escola pública da cidade de São Paulo. O enunciado problema proposto aos estudantes foi obtido, a partir da seleção de duas questões de vestibular para o ingresso a uma universidade pública. Os resultados alcançados revelam que mais de 90% dos estudantes exibem formas de pensamento em que pressuposições tácitas predominam em oposição às formas analíticas, o que significa dizer que há fortes indicativos de que as práticas experimentais (quando existem) não estão alavancando a construção do conhecimento sistêmico.

INTRODUÇÃO

De acordo com a literatura é conhecido que após anos de estudos de Ciências da Natureza muitos estudantes ainda apresentam alguns problemas para entender conceitos fundamentais em geral. Outro problema reside no fato de que saber algum conceito não necessariamente implica em saber como manejar com esse conceito em situações em que é requerido. Muito se fala na importância do ensino de ciências apoiado em experimentação, até que ponto os experimentos realizados em sala de aula são relevantes para os alunos em termos conceituais, cognitivos e não apenas motivacionais (ARROIO, 2011).

A supervalorização do termo experimentação, acompanhada pela ideia de observação rigorosa e sistemática, tende a reduzir a ciência e muitas vezes apequendar o próprio ensino da ciência, a estas duas práticas, conduzindo a interpretação da natureza da Ciência para uma perspectiva indutivista “Para um indutivista, a fonte da verdade não é a lógica, mas a experiência” (CHALMERS, 2001, p.31)

Ensinar e aprender o fazer científico relacionado à sua natureza de forma geral, não se tem mostrado tarefa das mais simples, principalmente na educação básica. Há um desafio que paira no ar dirigido a professores e pesquisadores que se preocupam em elaborar sequências didáticas que envolvam níveis adequados de complexidade, de acordo com cada etapa de escolarização e que ainda considere as peculiaridades culturais e locais (LEITE; ESTEVES, 2005).

Em especial nos referimos a sequências didáticas no campo da experimentação, organizadas a partir de conteúdos conceituais, factuais e procedimentais que fomentem no estudante o uso de aparatos, modelos, esquemas, imagens associados à interpretação e resolução de questões e problemas que envolvam a necessidade do raciocínio qualitativo, nos quais são consideradas as capacidades de predição, classificação, inferência e comparação.

Por outro lado, pressupondo que estas sequências didáticas sejam desenvolvidas e ministradas, surge o problema de como aferir os resultados deste processo após o período de escolarização de um estudante no ensino básico.

Uma proposta que nos parece razoável para responder esta pergunta é a de construir categorias de análise, que considere as formas de raciocínio utilizadas pelos estudantes para responder questões de química em composição com as formas de avaliação dos níveis de processamento de conversão de imagens a linguagem escrita.

Recentes estudos sobre como os estudantes raciocinam frente a problemas químicos (TALANQUER, 2011) e sobre níveis de processamento de informação (POSTIGO; POZO, 2000) nos auxiliam a estabelecer correlações, entre o ensino e a explicitação da aprendizagem, quando da construção de réplicas por estudantes sobre enunciados que envolvam experimentação, propostos em situações de avaliação.

Talanquer (2011) aponta que a análise do pensamento do estudante de química baseada em pressupostos implícitos e estratégias de raciocínio, fornecem uma estrutura que permite a análise da progressão da aprendizagem em função do grau de formação nos conteúdos em questão.

Segundo esta interpretação, para progredir nos modos de ensinar e aprender não basta apresentar novas teorias ou concepções, nem tampouco proporcionar novos recursos, mas sim são necessárias modificações em crenças implícitas profundamente arraigadas, que subjazem a estas concepções, mediante um processo de explicitação progressiva destas representações implícitas (POZO *et al*, 2000, p.95).

Desta forma para a constituição das categorias de análise reunimos elementos que consideram as formas de raciocínio bem como elementos que vinculam os níveis de processamento da informação gráfica.

Experimentação neste trabalho é entendida como uma atividade multifacetada que envolve a realização de observações, o fazer perguntas, examinar livros e outras fontes de informação para ver o que já é conhecido, o planejamento da investigação, a utilização de ferramentas para coletar, analisar e interpretar os dados, para propor questões, explicações, previsões e comunicar os resultados (HOFSTEIN, 2004a). A experimentação ainda envolve a identificação de hipóteses, o uso do pensamento analítico e a consideração de explicações alternativas.

Quando nos referimos à experimentação ampliamos nosso horizonte não nos limitando àquelas atividades de laboratório nas quais se focam a aprendizagem de métodos científicos específicos ou de técnicas específicas laboratoriais (HODSON, 1993).

Estamos nos aludindo, independentemente da complexidade, àquelas atividades que promovem oportunidades, nas quais os estudantes entram em contato com métodos e procedimentos da ciência, que permitam o desenvolvimento do planejamento experimental, da investigação de fenômenos, da retomada conceitual e da resolução de questões e problemas.

Além disso, não podemos alocar em plano secundário o fato de que a natureza da ciência é um empreendimento humano (CHALMERS, 2001) e, portanto sujeito a incompreensão, acertos e erros como qualquer outro espaço em que ocorre a interação humana.

Os desenvolvimentos modernos na filosofia da ciência têm apontado com precisão e enfatizando profundas dificuldades associadas à ideia de que a ciência repousa sobre um fundamento seguro adquirido através de observação e experimento e com a ideia de que há algum tipo de procedimento de inferência que nos possibilita derivar teorias científicas de modo confiável de uma base (Chalmers, p. 19, 2001).

Talvez a proposta principal na argumentação de Chalmers entre outros pensadores da ciência, seja a crítica ao Positivismo Lógico que parece ainda resistir com suas raízes superficiais.

Leite e Esteves (2005) chamam a atenção para o fato de que as pesquisas têm demonstrado que “a maior parte do tempo dedicado às aulas laboratoriais na escola secundária é utilizado para a manipulação de *apparatus* e realização de medições, aspectos que contribuem muito pouco para o inter-relacionamento entre a teoria e a experiência”.

Hofstein e colaboradores têm exaustivamente discutido em seus trabalhos (1982, 2004a, 2004b, 2005, 2007) o papel da experimentação no ensino de ciências como uma prática pedagógica, que supostamente promove os objetivos centrais de educação em ciências, incluindo o necessário reforço para os estudantes na busca da compreensão de conceitos das ciências e de suas aplicações, para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, e, além disso, como mecanismo de interesse e motivação na promoção do entendimento de como a ciência funciona. Entretanto estes pesquisadores também têm apontado que as pesquisas têm falhado em mostrar as relações entre as práticas de experimentação e a aprendizagem do estudante (HOFSTEIN; LUNETTA, 2007, p.106).

Assim, compreendemos que toda atividade experimental necessita incorporar elementos que considerem aspectos do currículo associados com as dimensões de natureza social dos grupos envolvidos, no sentido de que tais grupos sejam inseridos em propostas de resolução de problemas relacionados às suas demandas. Neste sentido, as contribuições de Hofstein e Lunetta (2004a) são pertinentes com relação às propostas de ensino com o enfoque na pergunta de investigação, ou ainda usando o termo em inglês, *Inquiry Based Learners*, principalmente quando o aluno tem a possibilidade de dirigir as suas inquietações numa cultura de narrativa científica.

Hart *et al.* (2000, p.672), Hofstein; Lunetta (2007, p.106), apontam que as práticas experimentais têm sido criticadas e classificadas como improdutivas e confusas, uma vez que são utilizadas sem qualquer propósito claramente definido, e sugerem que se dê maior atenção ao que realmente os estudantes estão fazendo nas suas atividades experimentais.

Fatores adicionais, tais como, ausência de instrumentos úteis de avaliação, experiência em métodos de avaliação e ausência de desenvolvimento profissional dos professores, para trabalhar com experimentação orientada aos estudantes, de modo a agir como facilitadores e não como fonte de informação e conhecimento científico, complementam a lista de dificuldades para um bom uso das práticas experimentais (HOFSTEIN; SHORE; KIPNIS, 2004b, p.49).

Entretanto é possível desenvolver aprendizagens significativas utilizando a experimentação (Hofstein; Lunetta, 2007, p.106), desde que sejam oportunizadas aos estudantes sequências didáticas, que permitam a manipulação de equipamentos e materiais associados à discussão de princípios da ciência, a fim de que possam ser capazes de construir o conhecimento sobre os fenômenos e conceitos científicos que estejam relacionados a tais práticas.

Estes elementos nos conduzem à reflexão de que a atividade experimental é um meio para a aprendizagem, ou ainda, pegando emprestado o termo “ferramenta cultural” de Wertsch (1999), que se refere às possibilidades de mediações presentes em uma cultura, que aproxima a ação humana na compreensão de determinadas situações. Portanto nas atividades experimentais a mediação ocorre na relação entre os instrumentos da atividade experimental, a linguagem científica/sua narrativa e os aspectos culturais do grupo de alunos. Sendo assim, a crítica, às propostas que

evidenciam a vivência de um suposto método científico o qual deve ser utilizado para constatar uma verdade prevista em teoria, torna a atividade experimental meramente reprodutiva e mecanizada porque isso reforçaria uma prática memorística e, portanto, fadada a não permanecer na memória de longo prazo para uso em situações futuras.

As discussões anteriores nucleiam nossa investigação neste trabalho de pesquisa e nos estimulam a buscar uma possível relação entre o aprendido nas práticas experimentais e o explicitado na resolução de problemas ou questões em que estas práticas são exigidas, ou seja, a partir da resolução por estudantes de ensino médio público, de uma questão de seleção de vestibular para o ingresso em universidade, vamos explorar as possíveis relações entre respostas fornecidas e a aprendizagem envolvendo experimentação ao longo da vida escolar destes estudantes.

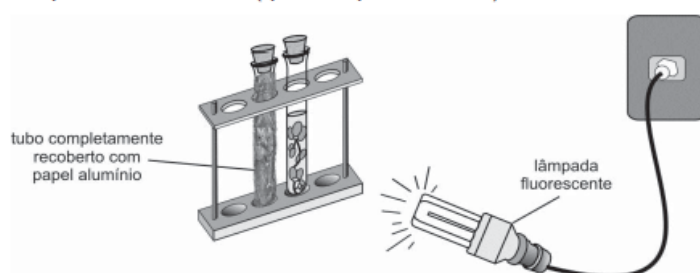
Sinteticamente, o que nos interessa é entender como os estudantes de ensino médio interpretam e utilizam dados experimentais na resolução de enunciados propostos.

Associado a este objetivo central e na perspectiva de ampliar nossa compreensão sobre os possíveis efeitos das práticas experimentais na formação do estudante vinculamos também as seguintes questões: como os estudantes manejam as variáveis de um experimento na resolução de um problema? Qual a limitação na interpretação de dados experimentais, quando surgem dúvidas sobre um dos conteúdos factuais necessários para a resolução de um problema?

METODOLOGIA

A estratégia desta investigação iniciou-se a partir da análise e escolha de uma questão da prova de seleção de candidatos para ingresso na Universidade de São Paulo, aplicada pela Fundação Universitária para o Vestibular (FUVEST) em 2012 (Figura1).

O experimento descrito a seguir foi planejado com o objetivo de demonstrar a influência da luz no processo de fotossíntese. Em dois tubos iguais, colocou-se o mesmo volume de água saturada com gás carbônico e, em cada um, um espécime de uma mesma planta aquática. Os dois tubos foram fechados com rolhas. Um dos tubos foi recoberto com papel alumínio e ambos foram expostos à luz produzida por uma lâmpada fluorescente (que não produz calor).



a) Uma solução aquosa saturada com gás carbônico é ácida. Como deve variar o pH da solução no tubo **não recoberto** com papel alumínio, à medida que a planta realiza fotossíntese? Justifique sua resposta.

No tubo recoberto com papel alumínio, não se observou variação de pH durante o experimento.

b) Em termos de planejamento experimental, explique por que é necessário utilizar o tubo recoberto com papel alumínio, o qual evita que um dos espécimes receba luz.

Figura 1: Questão do processo de seleção da FUVEST 2012 respondida pelos estudantes

Para participar da resolução da questão escolhida foram convidados 28 estudantes de terceiro ano de ensino médio regular, de duas turmas diferentes de uma escola pública da cidade de São Paulo – SP. O convite a estas turmas foi efetuado com base na declaração de vários estudantes, que explicitaram interesse em participar de processos de seleção para universidades públicas ao final do ano de 2012.

Todas as participações foram voluntárias, portanto os estudantes estavam conscientes e motivados a se engajarem no processo de construção da réplica, com elevado grau de responsividade.

Os estudantes foram acomodados em uma sala de aula, separados por carteiras vazias, a questão foi entregue com a face voltada para a superfície da carteira, e logo após o término da entrega da última folha, a questão foi lida pausadamente pelo professor, sem nenhuma discussão complementar. O tempo estipulado para a resolução da questão foi de 20 minutos e foi sugerido aos estudantes que escrevessem comentários sobre suas percepções e dificuldades em relação à questão.

Em posse das resoluções produzidas pelos estudantes, foi realizada então a transcrição das respostas e dos comentários que eventualmente foram escritos. A correção das produções foi feita de acordo com um gabarito e a análise do conteúdo foi realizada segundo Bardin (2001) com foco em três categorias construídas a partir dos estudos de restrições ao raciocínio em química Talanquer (2011), e dos estudos de níveis de processamento da informação Postigo; Pozo (1999) as quais sumarizamos no quadro 1.

Quadro 1: Categorias de análise adaptadas de Talanquer (2011) e Postigo; Pozo (2000)

| Categorias | Subcategorias | Características | Descrição |
|--|--|--|--|
| Pressuposições tácitas | Pressupostos implícitos em classes (A) | Categorizar ou demonstrar limites, com foco em uma determinada classe, entidades químicas, conceitos ou fenômenos. | Dificuldades em interpretar o enunciado, reconhecem parcialmente variáveis, demonstram limitações conceituais para resolução de questões ou problemas, utilizam o senso comum. |
| | Heurística (B) | Categorizar com foco sobre a natureza das entidades químicas e fenômenos | Interpretam o enunciado, reconhecem variáveis, demonstram domínio parcial de conceitos, explicitam parcialmente as possíveis relações. |
| Formas analíticas de pensamento | Raciocínio qualitativo (C) | Categorizar entidades químicas e fenômenos com foco em predição, classificação, inferência e comparação. | Interpretam o enunciado, reconhecem variáveis, demonstram domínio conceitual, reconhecem o planejamento experimental, estabelecem e explicitam relações. |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com nossa interpretação a questão proposta aborda conteúdos conceituais, procedimentais e factuais, os quais apresentamos sintetizados no quadro 2. Normalmente estes conteúdos são ministrados e discutidos mais intensamente em salas de aula de primeiros e segundos anos do ensino médio regular da escola pública

e podemos considerá-los como apresentando grau médio de dificuldade para resolução.

Quadro 2: Conteúdos envolvidos na resolução da questão

| |
|--|
| Conteúdos necessários para resolução do problema proposto |
| Escala de pH |
| Solubilidade das substâncias (gás em líquidos) |
| Fotossíntese |
| Planejamento experimental (Experimento do feijão) |

Com exceção do conteúdo que envolve os conceitos sobre pH e solubilidade das substâncias, os demais conteúdos estão previstos nos currículos para serem abordados em maior ou menor grau de profundidade, a partir do ciclo I da escolaridade.

Desta forma o esperado é que os estudantes que participaram da atividade, e que atualmente cursam a terceira série do ensino médio exibam domínio sobre os conteúdos exigidos para sua resolução.

A partir da análise de conteúdo das réplicas construídas pelos 28 estudantes foram organizados três distintos padrões médios, que foram apresentados no quadro 2, e reorganizados no quadro 3 enquadrando em cada categoria os resultados das réplicas com as respectivas proporções quantitativas.

Quadro 3: Categorias de análise e respectivas participações em % de estudantes

| Categorias | Subcategorias | Descrição | % de estudantes |
|--|--|--|------------------------|
| Pressuposições tácitas | Pressupostos implícitos em classes (A) | Dificuldades em interpretar o enunciado, reconhecem parcialmente variáveis, demonstram limitações conceituais para resolução de questões ou problemas, utilizam o senso comum. | 54 |
| | Heurística (B) | Interpretam o enunciado, reconhecem variáveis, demonstram domínio parcial de conceitos, explicitam parcialmente as possíveis relações. | 39 |
| Formas analíticas de pensamento | Raciocínio qualitativo (C) | Interpretam o enunciado, reconhecem variáveis, demonstram domínio conceitual, reconhecem o planejamento experimental, estabelecem e explicitam relações. | 07 |

A primeira constatação a que se chega após a análise geral das respostas é de que apesar dos conteúdos exigidos para a resolução da questão apresentar grau médio de dificuldade, mais da metade dos estudantes demonstraram dificuldades na construção de suas réplicas.

Como o eixo central desta investigação é compreender como os estudantes de ensino médio relacionam seu aprendizado, em aulas de práticas experimentais com o explicitado na resolução de problemas ou questões em que estas práticas são exigidas, apresentamos três resultados, respectivamente as Figuras 2, 3 e 4, com as soluções representativas das categorias observadas no conjunto total das réplicas construídas pelos estudantes.

- a) a luz aquece o vidro e assim a planta faz fotossíntese. Mas sem o calor a planta não consegue produzir fotossíntese). E o pH neste caso pode variar entre 8 a 14.
- b) É necessário para que possamos saber se o tubo recoberto conseguiu fazer fotossíntese sem a presença de luz. Pelo experimento percebemos que com o tubo recoberto não conseguiu produzir fotossíntese, o que não tinha também precisa de calor.

Figura 2: Exemplo de réplica característica da subcategoria de análise A

A Figura 2 se constitui em um exemplo da subcategoria A de construção das réplicas. Nesta condição se enquadram mais de 50 % dos estudantes que participaram da atividade. A estudante percebe que é necessário um planejamento experimental para comparar resultados em situações diferentes, entretanto não estabelece nenhuma relação com os dados fornecidos. Demonstra claramente que não consegue interpretar o enunciado quando afirma que "...a luz aquece o vidro", assumindo a perspectiva de que a luz fornece calor ao sistema, quando no enunciado está explícito que não há produção de calor. Demonstra também sua dificuldade em retomar conceitos associados à escala de pH e admite que o pH ácido varia de 8 a 14. É explícita a dificuldade da estudante em se expressar por palavras e reconstruir seu conhecimento de forma significativa.

- a) No tubo não recoberto com papel alumínio o pH da solução diminui (?) porque é liberado Oxigênio por causa da realização da fotossíntese na solução.
- Fiquei em dúvida se o pH aumenta ou diminui com o aumento de oxigênio liberado na solução.
- b) Porque a fotossíntese só ocorre na presença de luz, com o tubo recoberto com papel alumínio, não há passagem de luz, e consequentemente, não há fotossíntese.

Figura 3: Exemplo de réplica característica da subcategoria de análise B

A Figura 3 se constitui em um exemplo da subcategoria B de construção das réplicas. Nesta condição se enquadram aproximadamente 40% dos estudantes que participaram da atividade. A estudante explicita a sua dúvida em relação à variação numérica do pH e associa esta variação a liberação de oxigênio durante o processo de fotossíntese, reconhece o planejamento experimental "...com o tubo recoberto com papel alumínio", portanto percebe que há variáveis envolvidas no experimento, e estabelece relação entre a luz e o processo de fotossíntese.

Os dois casos apresentados somam quantidades maiores que 90% do total de estudantes que participaram da atividade, e revelam que a maioria dos estudantes expressa seu conhecimento de forma tácita, isto é, a manifestação do conhecimento por palavras não ocorre em uma perspectiva sistêmica e sim de maneira fragmentada, e mais focada para o conteúdo conceitual.

O foco heurístico ou em classes indica que o ensino com práticas experimentais, quando houve, não foi ministrado como uma atividade multifacetada, não se preocupando em realizar observações, associar ao fazer perguntas, nem tampouco utilizar o exame de livros e outras fontes de informação. Provavelmente pouca importância foi dada ao planejamento da investigação, à utilização de ferramentas para coletar, analisar e interpretar os dados, propor questões, explicações, previsões e comunicar os resultados.

Nesta perspectiva de resultados não podemos deixar de considerar que os estudantes de alguma maneira reproduzem uma ideia de ensino transmissivo e memorístico, pois encontramos neste grupo de argumentações certa dependência primária para responder a questão, como se houvesse pré-requisitos ou também uma visão de que aprender ciência depende de saber uma fórmula ou de decorar uma escala de pH, indicando que os conteúdos fragmentados durante o processo de ensino parecem prevalecer em detrimento dos conteúdos sistêmicos.

- a) A natureza do tubo não coberto fica todo vez mais verde, pois os plantas estão consumindo o gás carbônico para realizar a fotossíntese, e no tubo coberto não há variação do pH, pois sem luz não existe o processo de fotossíntese.
- b) É necessário usar o tubo recoberto para evitar qualquer estado de luz, pois precisamos verificar aque acontece com o planta que recebe luz e aque acontece com o que não recebe luz.

Figura 4: Exemplo de réplica característica da subcategoria de análise C

A Figura 4 se constitui em um exemplo da subcategoria C de construção das réplicas. Nesta condição se enquadram aproximadamente 7,0% dos estudantes que

participaram da atividade. O estudante estabelece as devidas relações entre a luz, o processo de fotossíntese e a variação da acidez, indicando que no tubo coberto não haverá variação de pH. O estudante percebe que é necessário um planejamento experimental para comparar resultados em situações diferentes, quando escreve “*verificar o que acontece com a planta que recebe luz*”.

Este estudante exibe o raciocínio qualitativo, sistêmico e explícito de forma clara suas competências e habilidades em categorizar as entidades químicas e fenômenos envolvidos no problema, com foco na predição, classificação, inferência e comparação.

Naturalmente, neste estudo não temos indícios suficientes que nos possam auxiliar na interpretação da origem destes resultados, ou seja, não temos como identificar a razão do pensamento sistêmico deste pequeno grupo de estudantes, entretanto os indicadores revelados pelos grupos A e B, nos informam que provavelmente não seja proveniente do processo de ensino, devido ao fato de que a maioria dos estudantes apresentaram resultados opostos em relação à minoria dos estudantes que compõem o grupo C.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de investigação apresentamos fundamentos da experimentação que nos parecem de crucial importância para o processo ensino e aprendizagem nas aulas de química.

Utilizando-se das réplicas explicitadas por um grupo de 28 estudantes da terceira série do ensino médio, para uma questão de vestibular do processo seletivo de uma universidade, em que os conceitos exigidos eram de média dificuldade, estabelecemos uma possível relação com o processo de ensino em que a experimentação deveria ter tido um papel de alavancagem na construção do conhecimento.

A partir dos resultados apresentados, podemos argumentar que se este grupo de alunos obteve algum processo de ensino em que a experimentação ganhou destaque, a estratégia utilizada não promoveu as devidas oportunidades, nas quais os estudantes deveriam entrar em contato com métodos e procedimentos da ciência, que permitissem o desenvolvimento do planejamento experimental, da investigação de fenômenos, da retomada conceitual e da resolução de questões e problemas em uma perspectiva sistêmica.

Este é um forte indicativo de que nas escolas as metodologias e estratégias utilizadas, que ainda privilegiam de maneira substancial o ensino por transmissão, memorístico, fragmentado, mecânico, em detrimento de um ensino sistêmico, holístico, impedem os estudantes de aprofundar seu envolvimento com o planejamento experimental, que permita o manejo de variáveis com foco na resolução do problema, e limitam de maneira decisiva a interpretação de dados experimentais, pois, evidenciam com elevada intensidade os conteúdos factuais.

Desta forma o que nos parece é que neste momento o ensino pouco ou nada contribui para a formação de um cidadão pleno e apto a analisar situações e tomar posições que envolvam ciência em sua vida cotidiana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROIO, A. Is the natural science teacher education programs enough for a contemporary society. **Problems of Education in the 21st Century**, 37, 5-8, 2011.
- CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** 5ª edição. São Paulo, Editora Brasiliense, 2001, 223 p.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 5ª edição. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2001. 281p.
- HART, C.; MULHALL, P.; BERRY, A.; LOUGHRAN, J.; GUNSTONE, R. What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? **Journal of Research in Science Teaching**, 37, 655–675, 2000.
- HODSON, D. Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. **Studies in Science Education**, 22, 85–142, 1993.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, 52(2), 201-217, 1982.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the Twenty- First Century. **Science Education**, 88, 1, 28–54, 2004a.
- HOFSTEIN, A.; SHORE, R.; KIPNIS, M. Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study. **International Journal of Science Education**, 26(1), 47–62, 2004b.
- HOFSTEIN, A.; NAVON, O.; KIPNIS, M; MAMLOK-NAAMAN, R Developing students' ability to ask better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. **Journal of Research in Science Teaching**, 42 (7), 791-806, 2005.
- HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: The state of the art. **Chemistry Education Research and Practice**, 8, 105–107, 2007.
- LEITE, L.; ESTEVES, E. Análise crítica de actividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 4(1), 2005.
- POSTIGO, Y.; POZO, J. I. Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. **Infancia y Aprendizaje**, 90: 89-110, 2000.
- POZO, J.; SCHEUER, N.; PÉREZ, M.; MATEOS, M.; MARTIN, E.; CRUZ, M. de la. **Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos**. Barcelona: Editorial Grao, de IRIF, S.L., 2006.
- TALANQUER, V. How do students reason about chemical substances and reactions? In G. Tsapalis and H. Sevan (Eds.), **Structural concepts of matter in science education**. Springer (Accepted 08/11).
- WERTSCH, J.V. **La mente em acción**. 1ª edição. Argentina: Aique Editora, 1999, 304p.