

# **A experimentação no Ensino de Química e a apropriação do conhecimento científico**

## **The experimentation in the Chemistry Teaching and the appropriation of the scientific knowledge**

**Monique Aline Ribeiro dos Santos**

Universidade Federal de Minas Gerais  
moniquersqui@gmail.com

**Ariane Suelen Freitas Silva**

Universidade Federal de Minas Gerais  
arianefchemistry@gmail.com

**Ana Luiza de Quadros**

Universidade Federal de Minas Gerais  
ana.quadros@uol.com.br

### **Resumo**

As atividades experimentais, quando bem elaboradas e desenvolvidas, desempenham um papel fundamental na aprendizagem de Ciências. Com o objetivo de analisar a importância desse tipo de atividade para os estudantes da Educação Básica desenvolvemos este trabalho. Para isso gravamos as aulas em vídeo e selecionamos parte de uma aula sobre Energia e Combustão. Analisamos o uso de um dos experimentos desenvolvidos pelo professor e o desdobramento de um novo experimento sugerido por um estudante. A partir da análise dos dados, encontramos elementos que evidenciam a importância da experimentação investigativa e como essa estratégia de ensino pode contribuir para o processo de apropriação do conhecimento científico. Percebemos, ainda, a contribuição das discussões na apropriação de conceitos científicos. A principal evidência está no uso de um conceito científico e na provável tomada de consciência sobre o seu significado.

**Palavras chave:** apropriação do conhecimento, calor específico, ensino de química, experimentação

### **Abstract**

The experimental activities, when properly designed and developed, play a key role in learning Sciences. In order to analyze the importance of this type of activity for students of Basic Education developed this work. For that we recorded the video lessons and selected part of a class on Energy and Combustion. We have analyzed the use of one of the experiments conducted by the teacher and the deployment of a new experiment suggested by a student. From the analysis of the data, we find elements that emphasize the importance of investigative experimentation and how this teaching strategy can contribute to the process of appropriation of scientific knowledge. We also understand the contribution of the discussions

in the appropriation of scientific concepts. The main evidence is the use of a scientific concept and the probable awareness of its meaning.

**Key words:** appropriation of knowledge, specific heat, chemistry teaching, experimentation

## Introdução

Os resultados nada promissores dos instrumentos de avaliação oficiais – Vestibular, ENEM, ENADE e outros – são suficientes para que cada um de nós, professores de Química, fiquemos alertas para o que realmente acontece em sala de aula em termos de apropriação ou não do conhecimento científico. Para que o ensino atinja aprendizagens significativas, talvez seja necessário repensarmos nossas estratégias de ensino e fazer da sala de aula um ambiente de pesquisa, no qual sejamos proponentes de novas abordagens e constantes avaliadores desse processo.

Uma das estratégias de ensino que têm sido destacadas pela comunidade especializada é a experimentação. Quando devidamente explorada, essa estratégia pode auxiliar na apropriação de conceitos científicos, além de tornar as aulas mais dinâmicas. De acordo com Giordan (1999) e Suart (2008) é de conhecimento dos professores de Ciências o fato da experimentação despertar o interesse dos estudantes. Porém, muitas vezes é atribuído à experimentação um papel que não lhe cabe. Se referindo às dificuldades em aprender conceitos científicos e a relação disso com os experimentos, Suart (2008, p. 10) afirma que “muitos professores atribuem as atividades experimentais a solução dessas dificuldades e acabam limitando alguns de seus pontos positivos, como a construção de conceitos [...]”.

Silva *et al.* (2011, p. 235) explicam que “A experimentação no ensino pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias. Desta forma, o aprender Ciências deve ser sempre uma relação entre o fazer e o pensar.” Complementando, Lima *et al.* (2011, p. 858) também explicam que o processo de construção dos conceitos científicos “envolve a apropriação, pelos estudantes, dos novos modos de falar e pensar o mundo.” Tais características podem ser percebidas na experimentação com caráter investigativo, visto que, os experimentos são expostos na forma de situações-problemas e geralmente são contextualizados com questões do cotidiano. Porém, a maioria dos professores não adota esta estratégia de ensino. Eles alegam, segundo Moura (2008), que a infraestrutura das escolas públicas não é favorável, visto que, em sua maioria, não possuem laboratórios, vidrarias, reagentes, procedimentos experimentais; além do número excessivo de estudantes, inexistência de carga horária destinada à preparação e desenvolvimentos destas aulas, chegando até a mencionar a falta de preparo para atuarem em laboratórios.

Johnstone (1982) trata de três níveis diferentes para desenvolver o conhecimento químico em sala de aula, sendo que dois deles envolvem aspectos reais e um terceiro nível envolve o aspecto simbólico. Em trabalho posterior, Johnstone (1993) representa esses níveis em um diagrama triangular, no qual em cada vértice foi atribuído os níveis: macroscópico, sub-microscópico e representacional (Figura 1). Esse autor argumenta que os três níveis estabelecem um modelo de ensino que “tem relação com a natureza da Química.” (JOHNSTONE, 2000, p. 35).

De acordo com Wartha e Rezende (2015) a manipulação de fenômenos, símbolos e modelos são constantes nos processos de ensino e de aprendizagem de Química, sendo considerado de extrema importância não somente para a construção do conhecimento científico, mas também

para a apropriação do mesmo. Nesse trabalho os autores relatam que Johnstone detalhou os três níveis básicos da química em: nível sensorial ou perceptivo (nível macroscópico), um nível molecular ou exploratório (nível submicroscópico) e um nível representacional (nível simbólico). Segundo eles, Johnstone propôs esses níveis na tentativa de articular as dimensões do conhecimento químico. Baseado nessas ideias, Wartha e Rezende (2015) afirmam que uma abordagem embasada no modelo proposto por Johnstone pode contribuir no processo de construção, interpretação e significação do conhecimento científico.

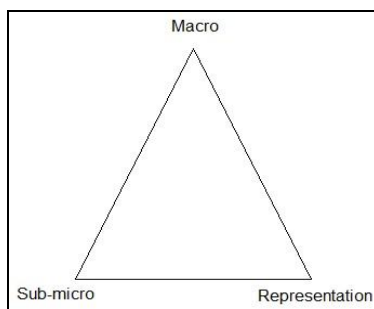


Figura 1: Três níveis básicos da Química, segundo Johnstone.  
Fonte: Johnstone, 1993, p. 703.

Mortimer *et al.* propuseram um modelo semelhante, no qual os vértices do triângulo são representados pelos níveis fenomenológico, teórico e representacional, que devem aparecer nas interações em sala de aula. Para eles o aspecto fenomenológico trata dos fenômenos de interesse da química, sejam aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles a que temos acesso apenas indiretamente. O aspecto teórico relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, ou seja, quando se trata de propor explicações para os fenômenos, baseadas em modelos abstratos que envolvem entidades não diretamente perceptíveis ou hipotéticas, tais como átomos, moléculas, íons, elétrons etc. O aspecto representacional compreende informações inerentes à linguagem química, tais como as fórmulas das substâncias, as equações químicas, as representações dos modelos, os gráficos e as equações matemáticas (MORTIMER *et al.*, 2000).

Em nossa experiência no Projeto de Iniciação à Docência Práticas Motivadoras de Química cada experimento foi planejado para que esses três níveis se fizessem presentes. A equipe do Projeto (1 coordenador, 3 professores de Química das escolas vinculadas e 15 licenciandos em Química) planeja e desenvolve aulas temáticas cujo o ponto de partida é, na maioria das vezes, algum fenômeno ou situação do contexto dos estudantes. Algumas vezes esse fenômeno é abordado por meio de experimentos. Os experimentos representam uma das inúmeras atividades desenvolvidas em cada um dos temas. Para o entendimento desses fenômenos ou situações, os conceitos químicos são inseridos para a construção do conhecimento científico, levando em conta as ideias prévias dos estudantes. Para isso, os licenciandos são orientados a desenvolver aulas interativas, com momentos de dialogia (MORTIMER e SCOTT, 2002).

Nessa perspectiva, o presente trabalho analisa fragmentos de uma aula desse Projeto cuja temática foi Energia e Combustão. Nesse tema foram enfatizados alguns conceitos principais, tais como: energia, calor, temperatura, calor específico, combustão (completa e incompleta), produtos da combustão e suas consequências, entre outros. Analisamos um experimento realizado pelo professor e o desdobramento desse experimento a partir da participação ativa dos estudantes. Essa aula foi desenvolvida no segundo semestre de 2014, em três escolas públicas, com turmas multisseriadas de aproximadamente 20 estudantes do Ensino Médio e em um turno inverso ao das aulas nas escolas.

## Metodologia

### a) A sequência de aulas envolvendo o tema Energia e Combustão

Essa sequência consiste em quatro aulas com pelo menos um experimento em cada. O tempo disponibilizado para o desenvolvimento do tema foi cerca de 4 horas-aula, que foram ministradas em uma única tarde. Os experimentos que nortearam as discussões realizadas nas aulas estão descritos a seguir, na mesma sequência em que foram realizados ao longo das quatro horas de aula.

#### i) Experimento 1 – Sensação de quente e frio

Esse experimento iniciou o tema, sem qualquer discussão anterior a ele. Nesse sentido, o experimento visava “reproduzir” um fenômeno, o qual seria discutido com os estudantes. Utilizamos quatro béqueres de 300 mL contendo água a diferentes temperaturas. Sendo que o béquer 1 continha água morna, os béqueres 2 e 3 água a temperatura ambiente, o béquer 4 água fria e foram organizados nesta ordem. Foi orientado aos estudantes que, um de cada vez, imergissem seus dedos nos béqueres laterais, ou seja, 1 e 4, e depois de alguns instantes os retirassem e os imergissem nos béqueres centrais, ou seja, 2 e 3. Foi solicitado que falassem da sensação térmica ao imergirem seus dedos nos béqueres 2 e 3. Eles relatavam que em um béquer (2) a água estava fria e no outro (3) estava mais aquecida (morninha). Usamos, então, um termômetro e os estudantes perceberam que o resultado em termos de sensação térmica não era o mesmo que o resultado obtido com o uso do termômetro. A partir disso foi iniciada a discussão sobre os conceitos de calor e temperatura, buscando explicações para o fenômeno observado/estudado. Após ampla discussão das ideias, o professor fez o fechamento, explicando o fenômeno do ponto de vista da Ciência.

#### ii) Experimento 2 – Aquecimento de água em copo plástico

Para esse experimento foi utilizado uma lamparina e dois copos plásticos, sendo um com água e um sem água. Foi perguntado aos estudantes o que aconteceria com cada copo, se fosse levado ao fogo. Após eles exporem suas ideias, foi realizado o experimento de forma demonstrativa. O fato do copo com água não fundir (nível macro ou fenomenológico) incitou a discussão sobre a absorção de calor e calor específico (nível submicroscópico ou teórico), com o posterior fechamento, explicando o conceito de calor específico (nível representacional).

#### iii) Experimento 3 – Varinha do Harry Potter<sup>1</sup>

Esse experimento foi realizado pelo professor, pois usava materiais que poderiam causar acidentes, dentre eles o ácido sulfúrico concentrado. A preparação do experimento consistiu em colocar uma ponta de espátula de permanganato de potássio na placa de Petri, pipetar uma pequena quantidade de ácido sulfúrico e pingar cerca de três gotas sobre o permanganato de potássio. O professor umedeceu uma pequena quantidade de algodão, que estava enrolada na extremidade do bastão de vidro, em álcool etílico. Feito isso, aproximou essa extremidade do bastão na placa de Petri, onde ocorreu a combustão espontaneamente. O resultado foi considerado um “show” pelos estudantes.

---

<sup>1</sup> Experimento adaptado a partir de outro que pode ser acessado no site do Ponto Ciência: <<http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/varinha-magica-experiencia-harry-potter/780>> Acessado em: 04. Ago. 2014.

#### **iv) Experimento 4 e 5 – Combustão da vela e combustão de diferentes combustíveis**

Para introduzir o conceito de combustão e fomentar a discussão sobre combustão completa e incompleta, foram realizados dois experimentos. No primeiro usamos uma vela acesa que, ao ser apagada, mantinha um “fio” de fumaça saindo do pavio. Ao ser aproximado um fósforo aceso a essa fumaça, sem encostar no pavio, a vela voltava a acender. Os estudantes repetiram o experimento por várias vezes enquanto discutiam o fenômeno. No segundo experimento foi usada uma pequena quantidade de álcool e de gasolina em duas tampinhas metálicas. Os dois combustíveis foram queimados e foi solicitado que os estudantes observassem no sistema: a fumaça liberada, a cor da chama etc. A partir desses fenômenos houve ampla discussão das ideias e o posterior fechamento da atividade.

#### **b) Os passos do trabalho**

Todas as aulas foram gravadas em vídeo. Para esse trabalho usamos essas gravações e nossos próprios cadernos de campo, nos quais fazíamos anotações sobre as aulas. Assistimos algumas sequências de aulas e selecionamos, para análise, uma turma que participava a mais tempo no projeto, cujos estudantes cursavam o 3º ano do Ensino Médio (uma das turmas que não era multisseriada). Selecionamos o Experimento 2 – Aquecimento de água em copo plástico (item ii), que trata da absorção de calor e do calor específico da água. Escolhemos essa etapa da sequência por se tratar de um experimento simples, de fácil reprodução e que pode ser realizado em qualquer espaço físico, ou seja, não necessita de laboratório e nem de reagentes muito específicos. Para facilitar a análise transcrevemos a discussão ocorrida após a realização desse experimento.

Usamos ainda, um momento da aula em que uma das participantes do curso, aluna que chamaremos de Rose, realiza um experimento. Essa aluna já havia solicitado anteriormente a permissão para desenvolver seu próprio experimento em uma das aulas do projeto. Após essa solicitação, os professores pediram que Rose explicasse o experimento. Por se tratar de um experimento que envolvia o tema Combustão, ela foi informada que teria um espaço durante essa aula (Energia e Combustão). A aluna relatou ter apresentado o experimento em uma feira de ciências da sua escola, ou seja, já tinha realizado o mesmo outras vezes. Além disso, ela explicou aos professores que havia realizado uma pesquisa sobre as medidas de segurança necessárias para realização do mesmo. Assim, quando esse tema foi iniciado, ela já estava com o material pronto para realizá-lo na sala de aula.

### **Resultados e discussões**

Ao analisarmos os fragmentos da transcrição referentes ao Experimento 2 – Aquecimento de água em copo plástico (item ii) percebemos que os estudantes apresentaram explicações coerentes para o fenômeno observado. A seguir iremos apresentar a transcrição de alguns trechos dessa etapa da aula que evidenciam essas explicações, bem como o papel de mediador do conhecimento desempenhado pelo professor.

*Professor: Olha só, eu vou acender esta vela aqui e fazer o seguinte experimento aqui oh... Olha só, eu tenho dois copos plásticos, agora eu vou colocar um pouco de água nesse aqui e não vou colocar nesse daqui. Então... O que vocês acham que vai acontecer quando eu colocar esse copo com água aqui [sobre a chama da vela]?*

*Aluno 1: O com água vai demorar mais para derreter e...*

*Aluno 2: É vai demorar mais para derreter!*

*Aluno 1: ... o outro [sem água] só de você chegar em cima [da chama] vai derreter.*

*Professor: [...] nem fez cosquinha no copo, olha! Agora esse aqui oh [copo sem água] se eu*

*chegar ele aqui oh, a lá, desmanchou! Isso quer dizer o que? Isso aqui [copo com água] é uma reação que está liberando ou recebendo calor?*

Vários alunos: *Recebendo calor!*

Professor: *E no copo com água também está recebendo calor?*

Vários alunos: *Sim.*

Professor: *E o que está acontecendo? Ele também está fundindo?*

Aluno 1: *A água está absorvendo o calor que o copo está recebendo.*

[...]

Aluno 3: *Então, no nosso caso temos a chama da vela que está liberando energia e o nosso copo com água que está recebendo energia, mas é a água que está absorvendo essa energia, por isso o copo não desmancha.*

Professor: *Por quê?*

Turma: *Porque a água consegue absorver mais energia que o copo.*

Professor: *Vocês estão dizendo que a água absorve mais energia. Ok! Eu concordo. Mas porque a água absorve mais a energia quando comparada com o copo plástico?*

O professor inicia a atividade identificando as ideias prévias dos estudantes sobre o fenômeno que iria realizar. Inicia o experimento que dá origem ao fenômeno, no que Johstone (1973) chama de nível macroscópico que, nesse caso, é o que pode ser observado pelos estudantes. A discussão se inicia, com os estudantes oferecendo contribuições significativas, que explicavam o fenômeno. No entanto, quando o professor solicita que expliquem o fato da água absorver mais energia, os estudantes ficam em silêncio ou diminuem a participação, o que nos dá a entender que o conhecimento, em nível microscópico, é limitado.

O professor questionou, então, o que aconteceria se colocasse outros líquidos no copo (usou o óleo de cozinha como exemplo). Após fornecer informações que poderiam desencadear a ideia de que a água deveria ter alguma propriedade que favorecesse a absorção de calor, o professor abordou o conceito de calor específico, procurando explicar essa propriedade da água. A partir desse momento usou um discurso de autoridade (MORTIMER e SCOTT, 2002), ou seja, passou a explicar o fenômeno do ponto de vista da Ciência. Nesse caso, ao tratar do calor específico, ele passou a fazer a representação do fenômeno.

Ao finalizar a sequência de aulas, a aluna Rose demonstrou grande expectativa para a realização do experimento. Ela foi auxiliada pelos professores, que enfatizaram os cuidados que deveria tomar. O engajamento dessa aluna deixou os professores surpresos e satisfeitos. Esse experimento foi denominado por Rose como *Bola de fogo que não queima a mão*. Ela apresentou uma bola de pano (com cerca de 50% de algodão em sua composição) com diâmetro de mais ou menos 4 cm, creme infantil (menor porcentagem de álcool em sua composição se comparado a um creme utilizado por adultos), fluido de isqueiro “Zippo” (conhecido como gasolina azul), água (de preferência gelada ou a temperatura ambiente), um bquer de 500 mL e fonte de ignição. Ela molhou as mãos e, com as mãos ainda úmidas, passou o creme infantil. A seguir, despejou de forma homogênea o fluido sobre a bola de pano e, com o auxílio da fonte de ignição iniciou a combustão. Essa bola de pano em chamas era passada de uma mão para a outra em pequenos intervalos de tempo. Ao final, para apagar as chamas da bola de pano, a mesma era abafada. Os estudantes, de uma maneira geral, gostaram do experimento e fizeram inúmeras perguntas à estudante, tentando entender o fenômeno.

A seguir apresentamos a transcrição de um trecho da discussão ocorrida após a demonstração do experimento que Rose levou para sala de aula. Esse trecho está relacionado com a parte em que Rose explica a função da água no experimento.

Rose: [...] e a água, de preferência gelada ou a temperatura ambiente, mas quando [na feira de

ciências] *eu fiz, eu fiz com gelo porque eu estava com medo de queimar minha mão, mas eu testei com água normal também e não dá nenhuma diferença não.*

Aluno 1: *E porque você utilizou a água e o creme antes de colocar fogo na bolinha?*

Rose: *Utilizamos como proteção, é uma espécie de barreira física...*

Aluno 3: *A água neste caso entra no que vimos hoje?*

Aluna 5: *A explicação está relacionada ao calor específico?*

Vários alunos fazem a mesma pergunta.

Rose: *É... Nossa não tinha pensado nisso antes... É porque ela [a água] vai absorver o calor da chama e não vai deixar a minha mão queimar.*

[...]

Rose: *Mas tem também a questão da volatilidade do fluido. Como ele é muito volátil, a chama vai para cima ...*

Durante o tempo em que Rose assumiu a explicação, a partir do questionamento dos colegas, ela tentava explicar o fenômeno representado pela bola de fogo que não “queimava” a mão. No entanto, ao que nos parece, ela não tinha clareza quanto ao nível submicroscópico desse fenômeno. Apenas quando o Aluno 3 traz para a discussão o conceito usado na explicação de outro experimento já realizado durante a aula, é que Rose parece tomar consciência da relação do experimento com os conceitos trabalhados na aula. Foi interessante notar que os colegas de Rose fizeram essa relação antes mesmo que Rose pudesse fazê-la e, nesse momento, nos parece que praticamente toda a turma se dá conta da relação entre os experimentos *Aquecimento de água em copo plástico* e *Bola de fogo que não queima a mão*. Para Rose e seus colegas, ao discutirem as explicações para o fenômeno em questão, chegaram ao nível submicroscópico pela relação feita com o outro fenômeno. Assim, o conceito de calor específico passou a ser considerado elemento importante para compreensão do fenômeno realizado pela estudante.

## Considerações finais

O presente trabalho buscou identificar a contribuição da experimentação na apropriação do conhecimento científico. Escolhemos para isso, dois experimentos: um proposto pelo professor e outro por uma das alunas que frequentava o curso. Por meio da análise dos momentos reservados para a realização e discussão desses experimentos, percebemos que o conceito abordado pelo professor quando discutiu o primeiro experimento emergiu na discussão do segundo.

Encontramos um forte indício de articulação entre os dois fenômenos: a absorção de calor pela água, ao aquecer um copo plástico com água, assim como, quando a bola de fogo foi manuseada sem queimar as mãos. Esse resultado vem ao encontro do papel da experimentação, ressaltado por Silva *et al.* (2011). Ao tentar entender o papel da água no experimento realizado pela estudante Rose, os estudantes usaram o conceito de calor específico. Nesse caso, eles conseguiram pensar o fenômeno usando uma linguagem mais científica o que, para Lima *et al.* (2001) é um indício do processo de construção de conceitos.

Para que a experimentação contribua significativamente para a aprendizagem dos estudantes, temos clareza de que é indicado que sejam considerados os diferentes níveis propostos por Johnstone (1993) e que esses três níveis devem aparecer nas interações em sala de aula (MORTIMER *et al.*, 2000). Para isso, é imprescindível inserir o estudante na dinâmica da sala de aula, ouvir e discutir amplamente suas concepções e, nessa discussão, ir comparando os pontos de vista dos estudantes com o da Ciência. Com isso o estudante pode perceber a relação da sua própria explicação com a científica, e posteriormente, utilizar novas explicações em diferentes contextos.

Sabemos que elaborar atividades experimentais que se adequem as realidades das escolas não é uma tarefa fácil. Mas é preciso ter em vista que realizar um trabalho de qualidade nessas escolas não exige, necessariamente, materiais específicos e de alto custo. Reconhecemos também que preparar essas atividades exige um tempo maior de dedicação do professor, mas acreditamos que a contribuição que elas trazem compensa esses esforços.

## Agradecimentos e apoios

Agradecemos a CAPES e FAPEMIG, pelo apoio financeiro concedido.

## Referências

- GIORDAN, M. O Papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**. n. 10, p. 43-49, 1999.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-Chemistry. **The School Review**. v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.
- \_\_\_\_\_. The development of chemistry teaching. **Journal of Chemical Education**. v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.
- \_\_\_\_\_. Chemical education research: where from here? **University Chemistry Education**. v. 4, n. 1, p. 35-36, 2000.
- LIMA, M. E. C. C.; JÚNIOR, O. A.; CARO, C. M. A formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de livros didáticos. **Ciência & Educação**. v. 17, n. 4, p. 855-871, 2011.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**. v. 23, n.2, p. 273-283, 2000.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 7, p. 283-306, 2002.
- MOURA, G. N. **Visões e virtudes pedagógicas do ensino experimental da química: o que dizem professores de química que utilizam a experimentação em suas aulas práticas pedagógicas?** Dissertação (Mestrado em Educação). 65 p. Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento da Educação Científica e Matemática, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.
- SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2011, p. 231-262.
- SUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). 218 p. Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Ciência & Educação**. v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015.