

Interconexão entre a linguagem diagramática e a discursiva: um indicador da aprendizagem em química

Interconnection between the diagrammatic language and discourse: an indicator of learning in chemistry

Débora Schmitt Kavalek

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
quimicadebora@hotmail.com

Marcos Antônio Pinto Ribeiro

Universidade Estadual da Bahia
marcolimite@yahoo.com.br

Diogo Onofre Gomes de Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
diogo@ufrgs.br

José Cláudio Del Pino

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
delpinojc@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho analisa a interligação entre a linguagem discursiva e a linguagem diagramática, como um fator importante da aprendizagem em química. O que será exposto no presente artigo reproduz o trabalho que está sendo realizado em uma escola pública na cidade de Carlos Barbosa, no Rio Grande do Sul, onde setenta e três estudantes do ensino médio politécnico e da educação de jovens e adultos representaram o átomo através de um desenho, trocaram entre si e criaram um conceito de átomo a partir do desenho do seu colega. Devido à dificuldade em encontrar categorias para análise das representações, decidimos propô-las, com base na literatura da filosofia da química. Neste contexto, destacamos um dos campos da práxis química mencionado por Ribeiro (2014): a diagramaticidade, ou seja, as representações no ensino de química, para desenvolver este trabalho. Depois organizamos quatro categorias para a análise dessas representações: função e características apontadas para os diagramas, habilidades visuais e dificuldades no ensino.

Palavras chave: filosofia da química, diagramaticidade, ensino de química.

Abstract

This paper analyzes the interconnection between the discursive language and the diagrammatic language learning as an important factor in Chemistry. What will be exposed in this article reproduces the work being carried out in a public school in the city of Carlos Barbosa, in Rio Grande do Sul, where students high polytechnics represented the atom

through a drawing, exchanged and created a concept from the drawing of his colleague. Due to the difficulty in finding categories for analysis of representations, we decided to offer them based on the literature of philosophy of chemistry. In this context we highlight one of the fields of chemistry practice mentioned by Ribeiro (2014): the Diagramaticity, representations in chemistry teaching, to develop this work. After we organized four categories for the analysis of these representations: function and characteristics indicated for diagrams, visual skills and difficulties in teaching.

Key words: representation, diagramaticidade, chemistry teaching.

Introdução

Embora o pensamento químico seja essencialmente diagramático, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e da transmissão dos saberes químicos. Daí surge um problema fundamental: A competência em transitar, em transformar uma linguagem em outra, parece ser um indicador de um profundo conhecimento da química, e, portanto, de uma melhor transferência deste conhecimento. É assim determinante do ensino e da pesquisa em Química. Logo, como estudar e pesquisar esse campo de conhecimento? Nos estudos que relacionam linguagem química e ensino de química, identificamos que esse aspecto ainda está por desenvolver, existem poucos interlocutores, guias analíticos ou ainda categorias orientadoras. Dessa forma este trabalho busca construir as principais bases, categorias desse campo, a partir das relações de cooperação que podem ser estabelecidas entre a educação em química e a filosofia da química, tendo por base o conceito de diagramaticidade (Ribeiro, 2014). Iniciaremos nossa discussão pela filosofia da química, seguiremos sistematizando quatro categorias e finalizamos relacionando com um estudo de caso com estudantes do ensino médio politécnico e da educação de jovens e adultos de uma escola estadual de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul.

Filosofia da química: Contributos para estudo da linguagem química

Segundo Ribeiro (2014) os temas mais discutidos na filosofia da química (FQ) referente à linguagem química são: modelos químicos, natureza da explicação, leis e teorias químicas, conceitos químicos. Em 2003 foi publicado o livro intitulado *Chemical Explanation: Characteristics, Development, Autonomy*. Esse livro, composto por 40 capítulos, é resultado do congresso da ISPC de 1998 e tem como temática central a explicação química. Esse livro defende a autonomia da explicação química relativamente às outras ciências.

Pensa-se na química como uma ciência com características classificatórias, visual, imagética e diagramática (SCERRI, 2007; VIHALEMM, 2007; SCHUMMER, 1998). A explicação estrutural na Orgânica, baseada em diagramas, é tão eficiente quanto a matemática. Mesmo o caráter de razão diagramática tem sido reiteradamente usado (WOODY, 2000; EARLEY, 2002). Também suas explicações baseadas em mecanismos de reações têm sido a forma mais eficiente de previsão, sistematização e organização do conhecimento, potencializando a eficiência das sínteses químicas e uma agenda científica mais produtiva na ciência na atualidade (SCHUMMER, 1998). Destaca-se ainda a interrelação entre a linguagem diagramática e a linguagem discursiva na Química, reiterado pela contribuição de diversos autores (Scerri 2007; Harré & Llored 2010; Labarca & Lombardi 2010; Earley 2010; Lombardi & Llored 2012; Araujo Neto 2012; Gavroglu & Simões 2012; Chamizo 2012; Restrepo & Villaveces 2012; Ribeiro 2014; Talanquer 2012).

Nesse contexto, Ribeiro (2014), afirma que o desenvolvimento de uma filosofia da química aliada ao ensino ainda não foi proposto e o currículo da disciplina ainda continua sem transmitir o pluralismo que representa. Baseado no recente debate da filosofia da química

aliada ao currículo, o autor identificou cinco domínios (ou dimensões) de alto grau de inclusividade, transversalidade e especificidade entre filosofia, química e currículo, que são: Classificações, Processualidade, Diagramaticidade, Fenomenotécnica e Dimensão tácita.

DIMENSÃO	CAMPO DE PROBLEMAS
Classificações	Mereologia como gramática do discurso químico (Harre & Llored, 2010) Sistema periódico: História, previsão, retrodição, (Scerri, 2004), Classificações (Lefreve, 2011), Essencialismo (Harré, 2011; Vihalemn, 2007) Pierre Duhem (Needham, 2006) Ontologia para química macroscópica (Needham, 2006)
Processualidade	Química como ciência das relações (Soukup, 2005; Bernal & Daza, 2010; Earley, 2004) Realismo processual estrutural (Earley, 2006) Filosofia de processos (Earley, 2006; Stein, 2004) Emergência e auto-organização (Luisi, 2001) Influência de prigogine na química (Lombardi, 2011; Earley, 2004)
Diagramaticidade	Semiótica, visualização (Schummer & Spector, 2003) Diagrama (Goodwin, 2008) Explicação estrutural na orgânica (Goodwin, 2008) Estrutura molecular Instrumentos de papel (Klein, 2001) Influência da química em Peirce (2001) Simetria e topologia (Earley, 2006)
Fenomenotécnica	Metaquímica (Nordhamm, 2006) Revolução instrumental (Schummer, 2006) Dependência espécie x instrumento (Rothbart, 1999) Realismo prático (Vihalhem, 2011) Realismo operativo (Bensaud-Vincent, 2009) Influência da química em Bachelard (Bensaud-Vincent, 2009) Filosofia dos instrumentos (Baird, 1999; Rothbart, 1999)
Dimensão tácita	Pensamento heurístico (Nicole, Hopf & Schereiner, 2009; talanquer, 2007) Contexto da descoberta (Schummer, 2006) Razão prática (Kovac, 2002) Estética (Schummer, 2006; Laszlo, 2003) Razão histórica (Lamza, 2010) Polanyi e a química (Jo Nye, 2005)

TABELA 1- Proposta dos domínios da praxis química (Ribeiro, 2012).

Na didática da química, a diagramaticidade tem sido explorada com a “modelagem” (RIBEIRO, 2014). O problema, segundo o autor, é que o simbólico está sujeito a conflitos de interpretações. Woody (2000) afirma que um diagrama tem função comunicativa, sendo que tem a característica de ser: expressivo, representativo, operativo, explicativo, descritivo e heurístico. Para Ribeiro (2014, p. 248) um diagrama tem as seguintes características:

Simultaneidade: forma de exteriorização da mente humana, tais como mapas, esquemas, tabelas, diagramas; podem-se ver relações, proposições, conceitos; **Espacialidade:** um espaço significativo; **Hibridismo:** trata de termos icônicos e linguísticos; **Referencialidade:** sempre tem um referente no mundo, são transcrições; **Operatividade:** finalidade de operar, guiar ações; **Dependência:** tem alguma dimensão tácita, depende do contexto onde está inscrito.

Na química orgânica, percebe-se uma maior presença dos diagramas em relação a outras áreas da química, como a fisico-química, por exemplo, onde predomina explicações matemáticas. Segundo Ribeiro (2014), a química orgânica formou-se efetivamente dentro da noção de organização espacial e representação estrutural, conceitos que vêm a ter centralidade na química. Desde 1858, tal consideração constituiu um paradigma (GOODWIN, 2008; TONTINI, 1999), sendo necessária a construção de uma linguagem diagramática, modelos, estruturas, trazendo novas implicações, onde a química passa a inscrever-se em outro registro filosófico: a filosofia dos signos, da imagem, uma filosofia simbólica (RIBEIRO, 2014).

Representação

Segundo os estudos de Araujo Neto (2012),

O termo semiótica pode ser considerado como relativo a uma ciência que estuda os signos. O signo aqui é entendido como um elemento da atividade de comunicação ou do processo linguístico: uma imagem, texto, som, ou o gesto. A criação e o uso de signos é uma marca de distinção da espécie humana em relação a outras que habitam o nosso planeta. Um signo, por exemplo, um desenho, age como um representante, como algo no lugar de algo. Dessa maneira, podemos também qualificar qualquer pessoa como um signo, quando age como representante de alguém em um processo, ou simplesmente para fazer uma inscrição em um concurso. O representante nesse caso significa alguém que não pode estar presente no ato de inscrição (ARAUJO NETO, 2012, p.221).

A representação que será discutida neste trabalho, refere-se ao que foi originado historicamente, e que foi proposto para ser ensinado a um grupo, no caso, que faz parte de um currículo de química do ensino médio. É tarefa da educação escolar a conversão do saber objetivo ou científico em saber escolar, de modo a torná-lo assimilável pelos alunos (SAVIANI, 1994, apud Grillo et al. 1999). Por força de sua formação filosófica, das bases epistemológicas de seu conhecimento, de sua experiência, e pela interação com o aluno e com sua realidade o professor põe em ação o currículo, possibilitando a transformação (ou não) do saber a ensinar em saber aprendido. É o docente que usa de representações mentais, gráficas e linguísticas para ensinar.

Representação no ensino de química: a utilização de modelos

Representação é considerada por Araujo Neto (2012), como um processo público, de comunicação e inferência sobre as coisas. Segundo o autor, as habilidades de conhecer e de manipular as representações em suas formas gráficas começam a ser desenvolvidas no Ensino Médio. Além das formas gráficas, pode-se observar nas aulas e no relato dos docentes o uso de materiais concretos e de programas computacionais. Para Araujo Neto (2012), um dos usos mais frequentes das representações é a utilização de arranjo de átomos nos diferentes entes de estudo da química. O desenvolvimento de habilidades como: percepção espacial, visualização mental, rotação mental, orientação espacial, devem fazer parte da educação em química. Além disso, uma das habilidades essenciais para alguém construir um modelo é a criatividade (JUSTI, 2006). Porém, modelos mentais, estruturas, linguagem, etc. devem ser usados com cautela, para evitar imprecisões e dúvidas. Segundo alguns autores (GILBERT, 2009; RUSSEL, 2007, apud Araujo Neto 2012), algumas dificuldades no ensino de química, como: traduções entre fórmulas, intercambiar representações, representar tridimensionalmente estruturas tem sido creditadas ao aprendizado de representações.

Modelo é uma representação concreta de alguma coisa (JUSTI, 2006). Pode ser considerado uma cópia da realidade (JUSTI, 2006, p.175). O conceito que vem sendo aceito para modelo, ultimamente, é da representação de uma ideia, objeto, acontecimento, processo ou sistema, criado com um objetivo específico (GILBERT, BOULTER y ELMER, 2000, apud Justi, 2006). Não existem regras para a construção de modelos (JUSTI, 2006), os mesmos são usados de forma tácita nas explicações, gerando dúvidas e ambiguidades. Para Araujo Neto (2012), deve-se ter cuidado no uso de modelos, pois os estudantes pensam os modelos como brinquedos ou cópias da realidade; acham que os modelos são produzidos conscientemente, com um propósito, com algum aspecto da realidade sendo omitido; veem o modelo como construído para desenvolver ideias e não como uma cópia.

Também os modelos concretos utilizados, muitas vezes comprometem a devida

abstração, por exemplo, as bolinhas, que são comumente empregadas nas explicações referentes a átomos. Essa substituição de signos icônicos e simbólicos por signos pictóricos (Araujo Neto, 2012) leva a problemas como: separação da informação conceitual da representação física apropriada; foco nos modelos químicos como modelos físicos, ocasionando confusão de modelos (Erduran; Adúiz-Bravo; Naaman 2007, apud Araujo Neto, 2012), fonte de outro problema: o linguístico.

Metodologia

Iniciou-se, em março de 2015 e pretende-se prosseguir até o final do ano letivo, com cinco turmas de ensino médio politécnico e de educação de jovens e adultos (EJA), de uma escola estadual, um trabalho que busca integrar a FQ à educação em química. A escola está localizada no município de Carlos Barbosa, interior do Rio Grande do Sul, onde se assumiu a regência de classe, através de um contrato temporário, de cinco turmas, sendo três do ensino médio politécnico e duas de EJA. A escola abarca alunos de quatro municípios: Carlos Barbosa, Barão, São Pedro da Serra e Salvador do Sul. Os discentes, em sua maioria, trabalham durante o dia, em empresas da região, alguns fazem cursos ou participam do Programa Jovem Aprendiz.

A ideia iniciou com a solicitação da docente aos estudantes, logo no primeiro dia de aula, de um desenho que representasse um modelo de átomo. Após esse momento, os discentes trocaram entre si as representações, e foi solicitado que criassem conceitos a partir dos desenhos de átomo. O trabalho foi realizado com três turmas do Ensino Médio Politécnico e duas turmas de EJA (Educação de jovens e adultos) do Ensino Médio, sendo um total de setenta e três alunos. Dentro do contexto da diagramaticidade em química, elaboramos quatro categorias que serão utilizadas para a análise dos dados:

CATEGORIAS	REFERÊNCIA DE ANÁLISE
Função	Expressão, Representação, Operação, Explicação, Descrição e Heurística
Características	Simultaneidade, Espacialidade, Híbridismo, Referencialidade, Operatividade, Dependência
Habilidades visuais	Percepção e orientação espacial, visualização mental, rotação mental
Dificuldades no ensino	Intercambiar representações, representar tridimensionalmente estruturas, substituição de signos simbólicos por signos pictóricos

TABELA 1- Proposta de categorias para a análise das representações diagramáticas e linguísticas

As representações foram analisadas, com base nas três categorias propostas neste trabalho. **Espacialidade:** das setenta e três representações de átomos, cinco desenhos apresentaram o átomo em duas ou mais dimensões, dando a entender que possuem órbitas, cinco apresentam o átomo, dando a entender como estando em movimento, como se tivessem “falsos pés”. Os demais desenhos apresentam o átomo em uma dimensão, sem parecer estar em movimento. **Dependência:** dois desenhos apontaram o átomo dentro de uma figura humana, uma representação expôs átomos numa barra de ferro. Já um aluno desenhou átomos formando gotas d’água, outro aluno identificou os átomos em moléculas de água e quatro estudantes representaram o átomo, como “esferas ligadas entre si por linhas”. As demais representações ilustraram átomos como estruturas independentes.

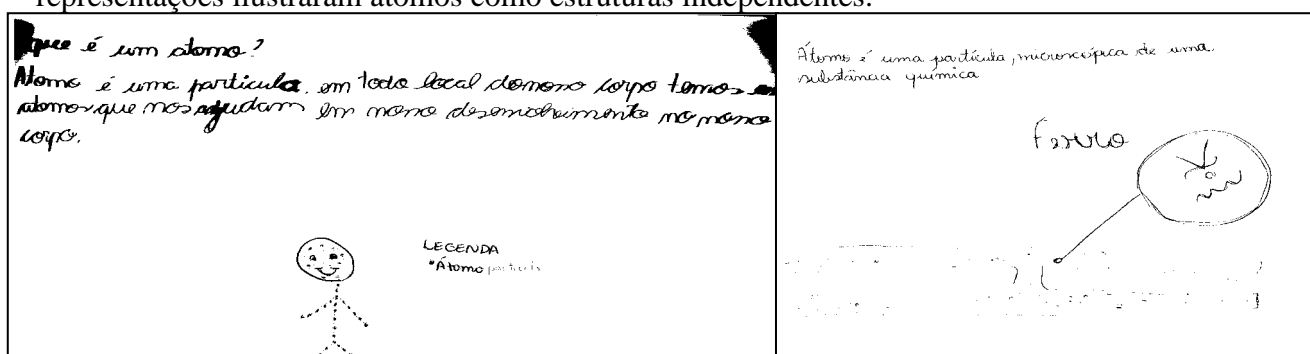


Figura 01- Exemplos de representações e conceitos de átomos

Obstáculos no ensino:

Substituição de signos simbólicos por signos pictóricos: dos setenta e três educandos, quatorze representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os mesmos, como, por exemplo, um olho, um abacaxi, o número dois, uma flor, um disco voador e outros. Treze alunos expuseram o átomo como “bolinhas”, um aluno indicou o átomo como um ponto e quatro alunos não desenharam nada.

Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, vinte e três indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central, aproximando-se das representações do livro didático utilizado pelas turmas (MORTIMER, 2013).



Figura 02- Algumas representações de átomos

3- Conceitos elaborados a partir de modelos: em relação aos conceitos de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em cinquenta e um conceitos, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico e tabela periódica.

Discussões:

Diante dos resultados apresentados, perceberam-se dois aspectos importantes: o primeiro relacionado à confusão de modelos, onde, num total de setenta e três desenhos de átomos, observaram-se dezoito representações que não demonstram entendimento da estrutura atômica, nem dentro de um contexto, sendo que, quatorze alunos representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os mesmos, como, por exemplo, o número dois, um disco voador, uma flor e outros. Quatro alunos não desenharam nada. Já cinquenta e cinco estudantes, simbolizaram o átomo com pontos, esferas, pontos em figura humana, circunferências, demonstrando algum conhecimento da estrutura da matéria. Porém, muitos estudantes ainda não têm discernimento a respeito da diferença entre átomo, molécula e substância, nível micro e macroscópico.

Outro aspecto a ponderar é que, um total de cinquenta e um estudantes, criaram conceitos assim como observaram nos desenhos dos colegas, mesmo que estas apreciações não caracterizavam adequadamente um átomo, como, por exemplo: “átomo é um olho olhando para baixo”. Este ponto nos leva à consideração de que modelos mentais, estruturas, linguagem, devem ser usados pelo docente com cautela, para evitar imprecisões e dúvidas.

Diante destas considerações, a filosofia da química torna-se importante, fazendo-se necessária a reflexão e estudo em relação aos diagramas utilizados nas aulas de química no ensino básico, para evitar confusões e equívocos no ensino de conceitos tão fundamentais, como o que se refere ao átomo.

Conclusões:

Esse trabalho mostra as linhas principais de um campo em investigação. Como dito, apesar do pensamento químico ser caracterizado por uma diagramaticidade, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e comunicação do conhecimento químico. Logo, é necessário estudar a interconexão entre as duas linguagens. Sugerimos que esta competência pode e deve ser um indicativo de boa aprendizagem e prática química. Parece mesmo ser o núcleo duro da práxis química. Nesse trabalho investigamos quatro categorias principais que podem ser tanto indicadores analíticos como categorias de análise no desenvolvimento do ensino, bem como de pesquisas. Diante das categorias expostas é possível fazermos algumas inferências. Uma primeira é que a função privilegiada no uso dos diagramas é como expressão e comunicação. A função heurística parece pouco usada. Uma maior investigação pode agora ser iniciada e organizada.

Referências –

- ARAÚJO NETO, W. N. Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. In: **Rev. Virtual Quim.** 2012, 4 (6), 719-738. Data de publicação na Web: 18 de novembro de 2012.
- CHASSOT, A. I. Prováveis modelos de átomos. In: **Química Nova na Escola**, v.3, 1996.
- CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné.** Grenoble : La pensée sauvage, 1985.
- CHEVALLARD, Y . **Sur l'analyse didactique : deux études sur les notions de contrat et de situation**, Aix. Marseille, IREM n.º 14, 1988.
- EARLEY, J. E. **Three concepts of chemical closure and their epistemological significance.** [Http://philsci-archive.pitt.edu/5565/](http://philsci-archive.pitt.edu/5565/), 2010, acesso em 21/03/2015.
- GAVROGLU, K.; SIMÕES, A. From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. In: **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.18, n. 1, p.45-68, 2012.
- GOODWIN, W. M. Structural formulas and explanation in organic chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.10, n.2, 2008.
- GRILLO, Marlene Corroero et al. **Transposição didática : uma prática reflexiva.** Educação, Porto Alegre, ano XXI, n.º 37, p. 33-50, mar/1999.
- HARRÉ, R.; LLORED, J. Mereologies as the grammars of chemical discourses. In: **Foundations of Chemistry**. New York, 2010.
- JUSTI, Rosário. **La enseñanza de ciencias baseada em la elaboración de modelos.** Enseñanza de las ciencias, 24(2) 2006.
- LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Why Orbitals Do Not Exist? In: **Foundations of Chemistry**. New York, v.12, n.2, p.149-157, 2010.

- LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da química**. Lisboa: Gradiva, 1995. 283p.
- LOMBARDI, O. & LLORED, J. Múltiplos way pluralism in chemistry. In: **ISPC - International Society for the Philosophy of Chemistry**. 7 - 10/08/2012. Leuven. Anais..., Leuven.
- MORTIMER, E. F. Para Além das Fronteiras da Química: Relações Entre Filosofia, Psicologia e Ensino de Química. In: **Química Nova**. Sociedade Brasileira de Química, v.20, n.2, p.200 - 207, 1997.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000,383 p.
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. In: **Química Nova na Escola**, v.1, 1995.
- MORTIMER, E. F. e MIRANDA, L. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas. In: **Química Nova na Escola**, v.2, 1995.
- MORTIMER, E. F. e SMOLKA, A. B. (org.) **Linguagem, Cultura e Cognição**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001, 223p.
- MORTIMER, E.F., MACHADO, A.H. Linguagem Numa Sala de Aula de Ciências. In: **Presença Pedagógica**. Belo Horizonte: Dimensão, v.2, n.11, p.49 - 57,1996.
- MORTIMER, E.F., MACHADO, A.H. **Química: ensino médio**. 2 ed.- São Paulo: Scipione, 2013.
- RESTREPO, G.; VILLAVECES, J. Chemistry, a Lingua Philosophica. In: **Foundations of Chemistry**. New York, v.13, n.3, p.233-249, 2012.
- RIBEIRO, M.A.P. **Integração da Filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino**. Tese doutoral. Universidade de Lisboa: Lisboa, 2014.
- ROMANELLI, L. I. O professor no ensino do conceito átomo. In: **Química Nova na Escola**, v.3, 1996.
- SCERRI, E. **The Periodic Table: Its Story and Its Significance**. Oxford University Press, New York, 2007.
- SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.4, n.1, p.129–162, 1998.
- TALANQUER, V. School Chemistry: The Need for Transgression. In: **Science & Education**, New York, online first 14 Jan., 2012.
- TONTINI, A. Developmental aspects of contemporary chemistry. Some philosophical reflections. **HYLE - An International Journal for the Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.5, p.57-76, 1999.
- VIHALEMM, R. Philosophy of Chemistry and the image of science. **Foundations of science**. [S.l.], v.12, n.3, p.223–234, 2007.
- WOODY, A.; GLYMOUR, C. Missing Elements. What Philosophers of Science Might Discover in Chemistry. In: BHUSHAM, N.; ROSENFENL, S. (eds.): **Of Minds and Molecules**. New York: Oxford University Press, 2000.