

O núcleo Químico da Química e sua importância para uma Aprendizagem significativa

Marcos Antonio Pinto Ribeiro* (PQ), André Santos Souza (IC), Tatiana Gonçalves Sardinha (IC)

Palavras Chave: *Filosofia da Química, Aprendizagem*

Introdução

Este trabalho busca relacionar contribuições da Filosofia da Química na discussão sobre conceitos fundamentais. Um sistema heurístico que possa trazer uma economia e uma simplificação didática possível para sistematizar o complexo do conhecimento Químico. Em particular o trabalho de Reiher ao propor um sistema teórico em Química e a ontologia emergentista relacionando-as com a proposta de David Ausubel da aprendizagem significativa. Em Química existem poucas análises filosóficas e quando há, trata-se de problemas da Filosofia da Ciência que em sua maioria trata de problemas da Física. Uma contribuição específica de problemas filosóficos da Química é encontrada no debate feito pela Filosofia da Química surgido recentemente após 1994. É consenso entre os pesquisadores da área da Educação Química que o ensino é muito memorístico, sem uma aprendizagem significativa. No entanto, um campo de pesquisa que poderia dar resposta a este problema ainda está em aberto que é a pesquisa da lógica interna do desenvolvimento e gênese de conceitos Químicos, objeto da Filosofia da Química. Um dos objetivos destas pesquisas refere-se aos conceitos centrais a identificação de conceitos nucleares em Química ou subsunções de acordo com Ausubel

Resultados e Discussão

Para Ausubel, o principal no processo de ensino é que a aprendizagem seja significativa. Isto é, o material a ser apreendido precisa fazer algum sentido para o aluno. Isto acontece quando a nova informação "ancora-se" nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, que Ausubel chama de conceito "subsunção" ou conceitos inclusivos e estruturantes. Quando o material a ser apreendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chamou de aprendizagem mecânica ("rote learning").

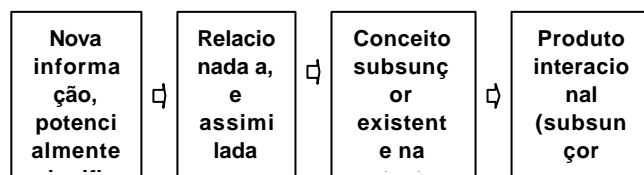
Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.

Unicamp, Campinas, SP, de 24 a 27 de Julho de 2006

Este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunção, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 1999, p. 152). Novas idéias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcione, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas idéias e conceitos. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Estes conceitos têm a função de fazer a ponte cognitiva entre o que o aluno já sabe o que ele tem que saber. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos.

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. A informação é armazenada de maneira arbitrária, ocorrendo apenas memorização de fórmulas, leis e conceitos.

Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional. A aprendizagem proposicional é entender idéias a partir de proposições formadas por representações e conceitos. A aprendizagem segue uma série de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos representada da seguinte forma:



Discussão conceitual em Química e a emergência da Filosofia da Química.

Para Rocke (1993) uma das características dos Químicos é o pouco interesse por discussões Filosóficas. Ele considera que a Química é a ciência mais central, e surpreendentemente também a mais insular nas considerações filosóficas. Discussões conceituais em Química são poucas e superficiais, em contraste com as intensas discussões sobre as fundações Filosóficas da Física (PANETH, 2003). A dependência ontológica da Química em relação à Física solidifica a crença da possível redução epistemológica via reducionismo à Física tornando a Química destituída de interesse Filosófico (MCINTYRE, 2003). Brakel (2002) também analisa que este atraso deve-se preponderantemente a posição antirealista e ao ideal da unidade da ciência proposto pelo positivismo lógico que atribui um critério de redução pela física como a ciência fundamental e ao realismo utilizado tácitamente na produção do conhecimento Químico. Até 1960, Filosofia da Ciência era dominada pelo positivismo lógico, consistido principalmente da Filosofia da Física, embora filosofia da matemática, Biologia, Psicologia, História, e Ciência social tivessem algum interesse. Finalmente em 1994 nasce a Filosofia da Química. Em 1995 é lançado o journal *Hyle: An international Journal for the Philosophy of Chemistry* publicado seu primeiro volume (em edição eletrônica) em 1997 em sua forma impressa. Em 1999 a primeira edição do *Foundations of Chemistry* apareceu. A Filosofia da Química concerne às questões internas de métodos, conceitos e ontologia, bem como as questões tradicionais da Filosofia da Ciência dentro de uma perspectiva da Química, as principais discussões dentro deste contexto são:

- A autonomia da Química e sua redução à Física;
- A natureza e a especificidade da Química teórica – em particular concernente ao papel dos modelos e das aproximações em Química;
- A lógica e uma epistemologia semi-empírica/semi-teórica feita em Química;
- Lições trazidas da História da Química sobre a natureza do progresso científico;
- A delimitação de princípios que guia e tem guiado o trabalho da Química;
- Questões concernentes à realidade das leis e das entidades Químicas;
- Química e prática—em particular o entendimento filosófico da química sintética;
- Papel da instrumentação na Química;

Este quadro de desinteresse por aspectos Filosóficos. Eric Serri defende que a Emergência da Filosofia da Química pode contribuir enormemente. Na seção seguinte discutirei de forma geral as discussões a cerca dos conceitos centrais em Química.

Conceitos nucleares em Química.

Para Schummer (1998) uma aproximação conceitual com implicações metodológicas dentro da estrutura cognitiva da Química implica necessariamente num sistema de investigação experimental; uma clarificação ontológica das espécies Químicas; uma fundação teórica com capacidades de sistematização, poder preditivo e explanatório. Isto deve contribuir enormemente para o principal objeto da Educação Química que é definir critérios racionais de seletividade e organização de conteúdos nos diversos níveis escolares. Bem como promover didáticas baseadas em princípios sintetizadores da complexidade que é o conhecimento Químico, qual o elo comum entre um átomo e um complexo enzimático, como pode entender estes dois extremos de sistemas químicos com os mesmos princípios? Esta resposta deve contribuir enormemente para uma sistematização de uma didática específica e mais eficiente para Química. Ao invés de mera descrição e ou colcha de retalhos, como se presencia ainda em algumas aulas, fundamentá-las em princípios racionais sintetizadores, de acordo com Ausubel, geraria uma aprendizagem mais rápida e mais eficiente. Isso exigiria um trabalho especificamente da Filosofia da Química, de identificação das leis, teorias e dos modelos que compõem o universo do conhecimento Químico buscando sempre sua sistematização.

Uma pequena vista na literatura mostra a variedade de posições à cerca dos conceitos fundamentais em Química. Tostes (1998) “defende que a ciência Química, ao menos nos últimos cem anos, desenvolveu-se em torno de um grande e fundamental conceito unificador: a estrutura molecular. O Químico vem, nesse mesmo período, identificando química com estrutura molecular”. Giuseppe (1998) defende que após 1858, este conceito tornou-se central em Química. Tendo sido o mais bem sucedido para ordenar e classificar as observações, sendo tratado, na atualidade, como uma convenção ou um epifenômeno por Físicos e Químicos quânticos para interpretar o formalismo matemático da mecânica Quântica como um critério essencial no mundo submicroscópico. Pawel (2002) em seu artigo “*The Epistemological Status of Theoretical Models of Molecular Structure*” e Giuseppe (1998) em seu artigo “*Ontological Status of Molecular Structure*”, defendem não apenas a importância eurística, mas também implicações ontológicas da noção de estrutura molecular. Para Caldin (2002) os conceitos fundamentais da Química, desenvolvido desde a metade do século XVIII são: (i) Substâncias puras, (ii) elementos e compostos, (iii) moléculas, átomos e partículas sub atômicas e (iv) energia. Mainzer (1997) defende que ao lado da simetria espacial, Químicos estão envolvidos também com a simetria temporal tornando os conceitos de Simetria, complexidade e emergência de propriedades fundamentais da pesquisa em Química.

Segundo Mainzer (1997) moléculas são mais ou menos simétricas e estruturas complexas que podem ser entendidas por estruturas matemáticas da topologia, teoria de grupos, sistemas dinâmicos e mecânica quântica. Mas simetria e complexidade não significam apenas conceitos teóricos de pesquisa, sendo conceitos interdisciplinares fundamentais da pesquisa inspirado nas ciências naturais desde a antiguidade.

Existe assim, claramente uma necessidade de um intenso trabalho no desenvolvimento de uma metaquímica ou de um sistema químico que forneça critérios racionais de seleção e organização de conteúdos nos diversos níveis escolares. Um início deste debate é feito por Reiher em dois artigos, "A systems theory for chemistry" (2002) e "The systems-theoretical view of chemical concepts" (2003). Nestes artigos Reiher defende a necessidade de uma metateoria em Química. Um sistema teórico seria um modelo de universo formado por um conjunto de princípios. Cada modelo de sistema pode ser convenientemente dividido em sistema e seu ambiente. As diferentes escolhas de ambientes podem produzir resultados dependentes do contexto em um crescendo de complexidade. Os ingredientes básicos de um sistema Químico para Reiher são classificados de uma forma simplificada: Elementos, Propriedades, e Interações. O sistema existe em variadas escalas gerando sistemas e subsistemas. Segundo Reiher estes conceitos dão conta de sistematizar o conhecimento Químico de forma geral, um elétron seria um elemento para o átomo, um átomo seria um elemento para uma molécula e assim sucessivamente. As diferenças entre os sistemas seriam de complexidade de suas interações entre os elementos, o que geraria propriedades diferentes nos seus diversos níveis de realidade. Segue abaixo o modelo proposto por Reiher.

32

MARKUS REIHER

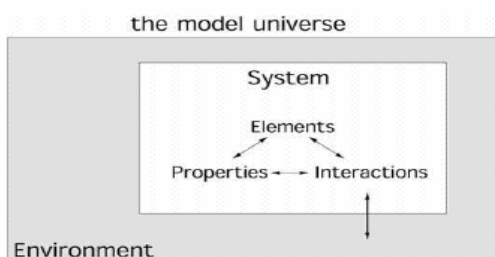


Figure 1. The basic concepts of the model universe subject to theoretical approaches.

Ontologia emergentista.

Um grande debate na Filosofia da Química é sobre a autonomia da Química em relação à Física, mesmo que a Química seja reduzida ontologicamente a Física não é possível uma redução epistemológica. Neste debate o conceito de emergência de propriedades é imensamente importante, sendo a Filosofia da Química considerada uma epistemologia

emergente. Este autor defende que a ontologia emergentista pode contribuir neste debate ao propor uma ontologia hierárquica de níveis de realidade dadas pelas interações de seus elementos. As proposições nucleares do emergentismo, segundo El-Hani e Emmeche (2000, pp. 241-2) são caracterizadas como:

- 3i. [Fisicalismo ontológico] Tudo que existe no mundo são partículas básicas reconhecidas, pela Física e seus agregados mereológicos e interações;
- 3ii. [Novidade Qualitativa] A evolução é um processo universal de mudança que produz novidades qualitativas em todos os domínios da realidade;
- 3iii. [Emergência de Propriedades] A novidade qualitativa corresponde à emergência, quando agregados de partículas materiais atingem um nível apropriado de complexidade organizacional, de uma ou mais propriedades genuinamente novas, que não se encontram em qualquer uma das partes.
- 3iv. [Teoria de Níveis] A realidade pode ser descrita como uma estrutura de níveis irredutíveis, cada nível sendo constituído por totalidades ou sistemas caracterizados por pelo menos uma propriedade emergente;
- 3v. [Irredutibilidade dos emergentes] Propriedades emergentes são irredutíveis à micro-estrutura da qual emergem; e
- 3vi. [Causação descendente] Entidades de nível superior manifestam poderes causais genuinamente novos, de modo que os eventos de nível inferior ocorrem de maneira diferente quando têm lugar associados a tais entidades.

El-Hani e Emmeche (2000) consideram este o núcleo duro do programa emergentista. De acordo com a terminologia de Lakatos (1979), o "núcleo duro" de um programa de pesquisa é definido por um consenso metodológico, e forma o núcleo metafísico não facilmente falseável do programa. O núcleo duro está além de testes empíricos. Formando a estrutura

mínima de um programa de pesquisa, donde outros conceitos podem ser derivados.

O emergentismo na Química.

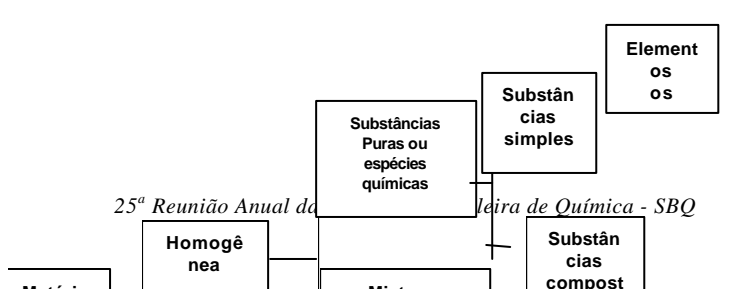
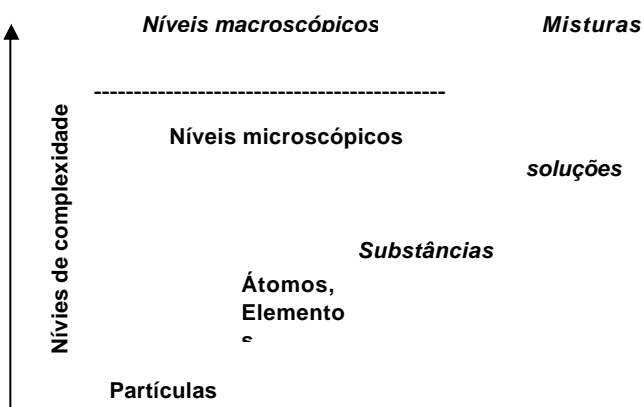
Apesar de o emergentismo ter tido grande importância na Química no início do século passado, sua presença foi negligenciada posteriormente. Como salienta McLaughlin (1992), o desenvolvimento do emergentismo no período de 1875-1925 está estritamente relacionado ao enorme crescimento da Química. Até então, o fenômeno químico não tinha nenhuma micro-explicação de forma que a tese emergentista era bastante plausível. Com crescente avanço da teoria atômica e o advento da mecânica quântica, a fundamentação microscópica da química foi obtida e o emergentismo foi abandonado. A discussão do emergentismo bem como a discussão teórica na Química foi eclipsada pelo forte apelo substancialista e realista da atividade da pesquisa Química (Bachelard, 1934). Surge, no entanto, na atualidade a Filosofia da Química principalmente no debate sobre a autonomia da Química e sua redução a Física. Nestas discussões, há uma tentativa de fundar uma nova ontologia que oriente a pesquisa Química, a noção de emergência ocupa uma posição privilegiada, verificada pelo número crescente de artigos.

O emergentismo e o ensino.

O uso deste conceito e desta ontologia para o ensino é já muito estudado em áreas como a Biologia (El-Hani, 2000, 2002). A ontologia emergentista é baseada na noção de níveis hierárquicos, que podem ser níveis de descrição, de análise, ou mesmo afirmações ontológicas. Salthe (1985) defende que esta noção pode se transpor para o ensino, o que poderia facilitar o processo de aprendizagem. Ele defende a estrutura triádica. El-Hani (2000) faz uma análise para o caso da Biologia, prevenindo contra os excessos de uma metodologia de ensino reducionista. A estrutura Triádica fundamenta-se em concentrar atenção no nível focal, bem como um nível acima e um nível abaixo, buscando suas inter-relações.

A contribuição para o ensino de Química não foi ainda muito avaliada. Intuitivamente os livros didáticos de Química, parecem utilizar o enfoque de níveis de realidade, como no exemplo abaixo, retirado de Feltre (1987, p. 30)

Parece claro que, no quadro acima, o autor utiliza nitidamente e de forma intuitiva a noção de níveis de realidade, sendo identificados os seguintes níveis: o nível atômico, o nível de substâncias, o de misturas e o nível da matéria. Em suma e acrescentando um mais inclusivo, o nível mais fundamental, teríamos o quadro abaixo:



Conhecimento dos níveis mais inclusos, os mais importantes, pode facilitar o entendimento do

conteúdo de Química¹, sendo os conceitos subsunções mais importantes, de acordo com Ausubel. Estes níveis, acima descritos, seriam identificados no caso de uma disciplina como Química geral, em um conteúdo mais específico, seriam distinguidos subníveis entre estes acima. Cada nível deve ser identificado com suas propriedades emergentes.

O conceito de propriedade é fundamental e merece ser mais bem explicado nos conteúdos de Química. Feltre (1987, p. 35) remete ao conceito de propriedade de uma forma analógica e inapropriada. O mesmo diz que, *“sendo especificadas para uma substância pura, as constantes físicas nos permitem identificá-las e caracterizá-la. Façamos uma comparação”*.

<p>Cédula de identidade</p> <p>Nome: Antonio da Silva Filiação: José da Silva e Maria da Silva Natural de : Salvador – Bahia Nascido: 14 de junho de 1950 Sexo: masculino Nacionalidade: brasileira Cor: branca R.G. 385.472.314</p>	<p>Água</p> <p>Líquido incolor, inodoro, insípido</p> <p>Ponto de fusão: 0 °C Ponto de ebulição: 100 °C Densidade: 1 g/cm³ a 4 °C ao nível do mar etc.</p>
--	---

Assim, pelo exposto acima, parece que estes dois conceitos são essenciais. Tanto o conceito de níveis, como o conceito de propriedades, os quais são conceitos não debatidos dentro dos currículos de Química. O conceito de propriedade é óbvio, mesmo sem uma abordagem emergentista, o que reflete em realidade a necessidade de um ensino contextualizado, como contribuições da filosofia e da história da ciência ao discutir os fundamentos da metafísica de substância.

Dentro da ontologia emergentista, Salthe (1985) tem desenvolvido o sistema triádico, o qual tem sido abordado para o ensino de Biologia (El-Hani, 2002). Aplicado a Química, ele sugere que a fenomenologia seria melhor compreendida se sua explicação fosse

construída em três níveis, em vez de apenas dois. De que maneira o sistema triádico poderia auxiliar no ensino de ciências e Química? Primeiro, ele parece capaz de propiciar ao aluno condições para a construção de uma visão mais integrada e estruturada do corpo de conhecimentos Químicos. É preciso abordar os elementos, a estrutura e o ambiente dos sistemas, o que sugere a pertinência do sistema triádico de Salthe em consonância com o modelo de Rehier. Segundo, o estruturalismo hierárquico indica a necessidade de enfatizar-se os conceitos centrais, estruturantes (Gagliardi 1986) do pensamento Químico, em contraste com a tendência enciclopédica dos currículos. Um exemplo ilustra este ponto: o ensino do metabolismo é caracterizado pela descrição detalhada de vias metabólicas, incluindo reagentes e produtos de cada reação, enzimas envolvidas em cada etapa, mecanismos de regulação etc. Em contraste, princípios organizacionais fundamentais na constituição do metabolismo (e os conceitos estruturantes associados) freqüentemente não são ensinados ou, quando o são, seu papel central não é enfatizado, de modo que o conhecimento construído pelo aluno tende a ser fragmentado e a aprendizagem mecânica predomina sobre a significativa. Com que freqüência, por exemplo, o aluno, ao estudar metabolismo, aprende sobre a relação deste com a entropia? Em que medida ele compreende que os organismos são capazes de manter ou até aumentar sua organização interna num universo que, pela segunda lei da termodinâmica, tende à desorganização porque o papel central do ATP no metabolismo permite que funcionem como sistemas dissipativos? Esta é uma questão que demanda investigação, mas minha impressão primeira é que tal aprendizagem não deve ser freqüente, tendo-se em vista os livros didáticos e as práticas docentes no ensino de ciências e Química. Seria importante construir e testar abordagens que tratem dos fenômenos Químicos em múltiplos níveis, destacando os princípios gerais de organização deste.

Assim, a identificação dos níveis de realidade, com suas propriedades emergentes, acreditamos, poderiam a princípio facilitar e melhor sistematizar a compreensão do conteúdo de Química. O ensino deveria iniciar-se, primordialmente, por exemplificar, de maneira geral a idéia básica da metafísica de partículas, constituindo-se no nível mais fundamental. Daí partirá todas as conclusões, inclusive o conceito importante de propriedades que determinará as identidades das entidades emergentes dos diversos níveis emergentes de realidade, átomos, substâncias e misturas.

No nível atômico pode ser entendido as propriedades periódicas e aperiódicas, visto quando da classificação periódica, propriedades como: eletronegatividade, eletroafinidade, raio atômico, densidade, etc... O aluno assim, teria a percepção de

¹ O que poderia ser utilizado na construção de um mapa conceitual mais completo.

que estas propriedades pertencem a um nível de realidade, o nível atômico, de que estas propriedades não estão presentes em outros níveis, apesar de indiretamente influenciar propriedades em outros níveis. No nível de substâncias, podem ser identificadas propriedades emergentes como: polaridade das ligações, forças intermoleculares. E poderia se estabelecer uma clara correlação entre as propriedades do nível inferior, atômico, principalmente eletronegatividade com as propriedades emergentes do nível de substâncias, caracterizadas pelas ligações Químicas. As diferenças, por exemplo, entre ligações metálicas, iônicas, covalente polar e covalente apolar, são claramente feitas quando correlacionadas com propriedades do nível imediatamente inferior, o atômico. O nível de substância é caracterizado pela agregação, combinação mereológica, constituindo-se um nível com propriedades definidas como: solubilidade, ponto de fusão, ponto de ebulição, condutividade elétrica e térmica, dureza, etc.

Centrando a atenção neste nível focal, é possível relacioná-lo com outros níveis. o terceiro nível, constitui-se o nível de misturas, o qual pode claramente ser entendido fenômenos como solubilização, saturação, propriedades coligativas recorrendo ao nível mais inferior, as propriedades das substâncias. Principalmente, soluções podem ser entendidos recorrendo aos conceitos de propriedades de afinidade química definido no nível de substâncias. Por que tais substâncias não formam soluções? pode ser entendido facilmente quando conhecemos as propriedades de moléculas ou agregados iônicos definidos no nível de substâncias.

Conclusões

Dada a importância dos conceitos estruturais defendida por diversos autores (Gagliardi, 1986; Moreira, 1983) e como defendido por Ausubel que a aprendizagem significativa ocorre pela ancoragem de conceitos a outros conceitos mais abrangentes, estruturantes ou subsunçores justificasse uma intensa pesquisa sobre os conceitos nucleares da Química. A literatura em Química aponta para uma grande variedade de conceitos centrais ou nucleares. Parece, portanto, haver uma necessidade de um trabalho conceitual de sistematização. A emergência do debate em Filosofia da Química, dentre os quais, o trabalho de Reiher, parece promissor em estabelecer critérios racionais de seletividade e organização de conteúdos da pesquisa e da Educação Química ao apontar caminhos para uma metateoria. Acresce a este debate a ontologia emergentista, formando um sistema apropriado para pensar o universo do conhecimento Químico. Ao se estabelecer os níveis ontológicos e epistemológicos, de realidade e explicação da Química é possível dar

coerência e força a conceitos nucleares como os de substâncias, propriedades e interações derivando os demais conceitos e diversas entidades Químicas. Para tanto o sistema triádico desenvolvido por Salthe merece ser mais bem explorado no campo da Química, o que, esperamos, propiciará uma economia e uma didática mais clara, concisa e específica para a Educação Química.

Agradecimentos

- CALDIN, Edward F (2002).: "The Structure of Chemistry in Relation to the Philosophy of Science", HYLE 8-2 , pp. 103-121.
- DEL RE, Giuseppe: "Ontological Status of Molecular Structure", HYLE 4-1 (1998), pp. 81-103.
- EL-HANI, C. N. (2002). Sistema Triádico Básico: Um Referencial Heuristicamente Fértil para o Ensino de Biologia. Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. São Paulo: FE-USP/EDUSP. [Escrito em 2001]
- EL-HANI, C. N. (2000). Níveis da Ciência, Níveis da Realidade. São Paulo: FE-USP. Tese de doutorado.
- EL-HANI, C. N.; EMMECHE, C. (2000) On some theoretical-grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervenience, and downward causation. *Theory in Biosciences* 119(3-4):234-275.
- GAGLIARDI, R (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigacion. *Enseñanza de las Ciencias* 4(1):30-35.
- MAINZER, Klaus(1997): "Symmetry and Complexity - Fundamental Concepts of Research in Chemistry", pp. 29-49.
- MOREIRA, M. A. y BUCHEWEITZ, B. (1993). Novas estratégias de ensino e aprendizagem. Lisboa, Plátano Edições Técnicas. 114 p.
- MOREIRA, M. A. y MASINI, E. A. F. S. (1982). Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo, Editora Moraes. 112 p.
- REIHER, M. (2003).The systems-theoretical view of chemical concepts, *Found. Chem.* 5, 147-163
- REIHER, M. 2003.A systems theory for chemistry, *Found. Chem.* 5, 23-41
- SALTHER, S. N. (1985) *Evolving Hierarchical Systems: Their Structure and Representation*. New York: Columbia University Press.
- SCERRI, Eric R (2005).: Some Aspects of the Metaphysics of Chemistry and the Nature of the Elements", HYLE 11-2 , (pp. 127-145)
- SCHUMMER, Joachim (1998): "The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach", HYLE 4-1 , pp. 129-162.
- STEIN, Ross L (2004).: Towards a Process Philosophy of Chemistry", , pp. 5-22.
- TONTINI, Andrea (1999): "Developmental Aspects of Contemporary Chemistry. Some Philosophical Reflections", HYLE 5-1 , pp. 57-76.

ZEIDLER, Pawel (2000): "The Epistemological Status of Theoretical Models of Molecular Structure", HYLE 6-1 , pp. 17-34