

# **Um estudo dos modelos mentais sobre a estrutura da matéria apresentados por estudantes na explicação de fenômenos químicos**

## **A study of students' mental models on the structure of matter to explain chemical phenomena**

**Miriam Possar do Carmo**

USP- Universidade de São Paulo (Av. Lineus Prestes, 748- B-7-Superior)  
mipcarmo@iq.usp.br

**Maria Eunice Ribeiro Marcondes**

USP- Universidade de São Paulo (Av. Lineus Prestes, 748- B-7-Superior)  
mermarco@iq.usp.br

### **Resumo**

Este estudo apresenta uma análise dos modelos mentais apresentados por estudantes de 1º ano do ensino médio de uma escola da rede pública do estado de São Paulo na explicação de fenômenos do seu cotidiano considerando idéias sobre a estrutura da matéria. O conhecimento individual dos estudantes foi extraído das respostas que deram a um instrumento no qual eram apresentadas situações conhecidas por eles, relacionadas à química, para que as explicassem, manifestando ideias sobre a natureza e a estrutura da matéria, interações intra e intermoleculares na compreensão das transformações químicas. Agruparam-se os modelos explicativos dos estudantes em duas dimensões: em nível submicroscópico e explicações macroscópicas, de acordo, com o nível de aceitação científica. O estudo revelou a ausência de coerência dos modelos explicativos do ponto de vista científico na compreensão dos fenômenos de seu cotidiano.

**Palavras chave:** estrutura da matéria, modelos submicroscópicos, explicações macroscópicas.

### **Abstract**

This study presents an analysis of student's conceptions from 1<sup>st</sup> grade of High School in a public school in São Paulo state when asked to explain an everyday life phenomenon considering their ideas about the structure of matter. After that, we will present how the level of scientific understanding of their explanatory models was categorized. The knowledge of individual students was extracted from their responses to a questionnaire that required expressing ideas about the nature of matter and its structure, intra and intermolecular interactions and electrical nature of matter in the understanding of chemical transformations. Their explanations were grouped into explanatory models at submicroscopic and macroscopic explanations according to the level of scientific acceptance they presented, revealing the lack

of coherence on both models submicroscopic and macroscopic explanations with the scientific point of view in understanding the phenomena of their daily lives.

**Key words:** structure of matter, explanatory models submicroscopic, macroscopic explanations.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento desenvolvido pelos alunos não pode ser tratado como um acúmulo de conceitos fragmentados, isolados em suas mentes e desvinculados de contextos, mas conectados e interligados com coerência quando uma explicação é exigida, principalmente na interpretação dos fenômenos que os cercam e na resolução de problemas. À medida que o aluno progride em suas explicações para interpretar um fenômeno, supõe-se um ganho em seu sistema cognitivo, o que permite a elaboração de concepções mais consistentes e, conseqüentemente, construtos de níveis mais elevados (BENARROCH, 2001). O conhecimento científico que os alunos constroem depende, entre outros fatores, dos conhecimentos prévios que eles apresentam e da ligação destes com o que se pretende ensinar. Embora consideradas vagas, pouco definidas, estáveis, resistentes à alteração, estas idéias satisfazem muitas vezes os pontos de vista do indivíduo e podem se tornar inibidoras da construção de conceitos (POZO et al., 1991). No entanto, são representações que cada indivíduo possui advindas tanto do funcionamento do seu sistema cognitivo quanto das interações com o mundo que o cerca e da forma que o observa, portanto, devem ser consideradas, pois são conhecimentos. Partindo de uma orientação construtivista no processo de ensino, consideramos que, saber usar modelos submicroscópicos coerentes com o ponto de vista da ciência pode dar autonomia ao aluno para a construção de explicações na interpretação dos fenômenos que vão além do nível do senso comum ou da superficialidade. No presente estudo, parte da pesquisa de doutorado de uma das autoras, investigaram-se os modelos mentais que estudantes de ensino médio apresentam sobre a estrutura da matéria na explicação de fenômenos químicos, antes de um processo de ensino formal.

## PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS

Parece consenso entre os pesquisadores que o desenvolvimento da estrutura cognitiva do indivíduo está relacionado ao modo como ele percebe os aspectos do mundo pessoal, físico e social. Por meio da aprendizagem, produzem-se alterações da estrutura cognitiva ou compreensão interna da situação e de seu significado, isto pressupõe a origem de novos conceitos interiorizados, novas estruturas mentais, novas atitudes com as quais os alunos poderão analisar e solucionar problemas. Existe, portanto, um processo de reflexão, já que se trata da incorporação consciente de fatos, conceitos, situações e experiências. Se o indivíduo não tiver intenção de associar o novo conhecimento ou se ocorrer pouca interação com a estrutura de conceitos já existentes, poderá ocorrer a memorização mecânica ou repetitiva de dados, fatos ou conceitos, pois a nova informação permanecerá isolada do restante do corpo de seus conhecimentos. Neste caso, a nova informação é armazenada de forma arbitrária, não ocorrendo interação com aquelas já existentes (ONTORIA et al., 1994; MOREIRA; MANSINI, 1992; POZO et al., 1991; MARTINEZ, 1999; LUFFIEGO, 2001).

Para Martinez (1999), o processo de desenvolvimento do conhecimento é evolutivo, de modo que a elaboração de conceitos poderia ser vista como a incorporação e eliminação gradual de certas qualidades da concepção inicial, a qual se modifica. O aprendiz poderia estabelecer com as idéias intuitivas uma rede lógica de interconexões e diferenciações entre os conceitos, que lhes permitiria algumas generalizações e argumentações a respeito do fenômeno. A perspectiva não seria extinção das ideias dos alunos, mas a utilização por eles destas ideias de

forma flexível, em que as noções intuitivas serviriam de ponte para as noções científicas. Segundo Benarroch (2001), a interpretação das respostas manifestadas pelos alunos pode ser considerada a partir de dois planos: o plano observável (respostas e esquemas explicativos) e o não observável (esquemas operatórios e esquemas específicos) da cognição do aluno. As respostas dadas pelos estudantes (verbais, escritas, desenhos, ações) frente a uma dada situação são resultantes desses esquemas operatórios e específicos. Os esquemas operatórios são responsáveis por um nível de abstração mais elevado, pelas inter-relações conceituais realizadas pelos estudantes e, deste modo, responsáveis pelos efeitos de transferência advindos do desenvolvimento cognitivo do estudante. A cada enriquecimento desse nível de conhecimento há um ganho nos esquemas específicos, que surgem de abstrações simples ou empíricas das propriedades dos objetos, resultando uma conceituação descritiva dos mesmos. Os esquemas específicos sofreriam evoluções em função dos esquemas operatórios. Assim, as respostas dos alunos seriam manifestações advindas de um processo de reflexão em que são ativadas, em diferentes graus, as estruturas cognitivas internas. Do ponto de vista de Benarroch e Marín (1998), diante da realidade, o sujeito, graças às suas abstrações empíricas (fase intrafactual), adquire os primeiros esquemas específicos e, a partir de abstrações reflexivas (operatórias), provoca uma ligação “interfactual” destes esquemas específicos entre si e também com outros esquemas. Deste modo, se amplia a extensão do domínio do conhecimento, que após uma ou várias fases interfactuais, resulta em uma fase transfactual, na qual a abstração de forma refletida origina uma explicação causal necessária com respostas elaboradas. Baseados nesses pressupostos teóricos, os autores concluem que, em um determinado nível de esquemas operatórios, os esquemas específicos experimentam enriquecimentos progressivos.

## **METODOLOGIA DE ESTUDO**

Participaram deste estudo 32 alunos da 1ª série de uma escola da rede pública, situada na região metropolitana de São Paulo. Foi aplicado inicialmente um instrumento (questionário) com questões de respostas abertas e fechadas, as quais exploravam ideias dos alunos sobre a natureza e estrutura da matéria, interações intra e intermoleculares e a utilização de concepções sobre a natureza elétrica da matéria na explicação de transformações químicas. Os alunos responderam ao questionário durante uma aula de química sob a orientação da pesquisadora. Nas respostas dos alunos foram verificadas as mais variadas interpretações para as situações propostas no instrumento, tanto em termos de coerência do ponto de vista científico, quanto de respostas inadequadas. Um primeiro agrupamento das respostas foi realizado sem a preocupação de estabelecimento de categorias rigorosas que, posteriormente, foram agrupadas em modelos explicativos de nível submicroscópico e explicações macroscópicas. No nível de modelos explicativos submicroscópicos, foram consideradas todas as respostas que manifestavam ideias sobre entidades submicroscópicas, tais como: átomos, moléculas, partículas, íons etc. Quanto às explicações macroscópicas, foram consideradas todas as respostas que manifestavam ideias com base nas percepções do mundo real e um pensamento dominado pelo óbvio, baseado nos aspectos observáveis e mensuráveis. Em cada um destes níveis elencaram-se categorias de análise com a descrição do tipo de explicação em que o aluno se enquadrava e se verificou o nível de adequação científica<sup>1</sup> das

---

<sup>1</sup> Nível de adequação científica indica o grau de coerência de uma explicação manifestada pelos sujeitos desta pesquisa às questões do instrumento de coleta de dados. O parâmetro para a nivelação das respostas dos alunos teve como base as explicações dadas por especialistas a este mesmo instrumento.

respostas dos alunos, que foram classificadas em: adequadas, parcialmente adequadas e inadequadas.

Para a elaboração das categorias da descrição das explicações e dos níveis de adequação científica, contou-se com a colaboração de oito especialistas no ensino de química de diferentes universidades (USP, UEL e UFLA), os quais foram solicitados a responder as questões do instrumento, considerando o tipo de explicação que um aluno de ensino médio pudesse manifestar do ponto de vista da ciência. A finalidade era a de que, com as respostas dos especialistas, pudessemos avaliar o grau de coerência das explicações dos alunos e enquadrá-las nas categorias de acordo com o tipo de explicação que manifestavam.

Após sucessivas leituras das respostas dadas pelos especialistas, os objetivos de cada uma das questões apresentadas no instrumento foram revistos e se elencaram exigências cognitivas necessárias para a elaboração de uma explicação adequada bem como os elementos do conhecimento que pudessem estar envolvidos na construção de um modelo explicativo. O quadro 1 apresenta um fragmento da análise da 1ª. dimensão.

1ª Dimensão de Análise: Natureza e Estrutura da Matéria			
Questão	Objetivo	Exigência cognitiva	Elementos do conhecimento
1	Reconhecer a concepção dos alunos sobre o fato de a matéria ser constituída por átomos e perceber se em suas justificativas surgem considerações de que estas ideias científicas são decorrentes de um modelo racional.	Apropriação de um modelo para a representação de entidades submicroscópicas, de modo a relacionar o mundo macroscópico ao mundo submicroscópico. Um modelo que justifique o entendimento das propriedades, estrutura e comportamento da matéria.	Natureza corpuscular da matéria. Átomos, núcleo, eletrosfera, elétrons, prótons, nêutrons. Modelos atômicos.

Quadro 1. Reagrupamento das questões nas dimensões de análise

Desta forma, as questões propostas no instrumento de coleta de dados foram agrupadas em três dimensões de análise:

**1ª dimensão: Natureza descontínua da matéria.** Explicações que manifestavam ideias sobre a natureza descontínua da matéria com o reconhecimento de que a mesma é formada por átomos, ideias decorrentes de um modelo racional. Partículas em contínuo movimento, não existindo absolutamente nada entre as mesmas, implicando na ideia do vazio. **2ª dimensão: Interações Eletrostáticas Intra e Intermoleculares.** Explicações que manifestavam concepções sobre as interações intra e intermoleculares com a utilização de ideias sobre forças eletrostáticas, quebra e formação de ligações. **3ª dimensão: Noções sobre a natureza elétrica da matéria na explicação de uma transformação química.**

Explicações nas quais os alunos mobilizavam conhecimentos sobre a natureza elétrica da matéria utilizando modelos submicroscópicos para explicarem algumas transformações químicas.

No quadro 2, pode ser observado um fragmento do quadro analítico que utilizamos e que indica dentro da cada dimensão de análise, a descrição das explicações em cada categoria de análise no respectivo nível explicativo.

<b>1ª Dimensão de Análise: Natureza e Estrutura da matéria</b>			
	<b>Categoria</b>	<b>Descrição das características da explicação na categoria.</b>	<b>Nível de adequação científica</b>
<b>Modelos explicativos no nível submicroscópico</b> (respostas que utilizam a ideia de entidades submicroscópicas: átomos, moléculas, partículas etc.).	<b>A - Descontinuidade da matéria (questão -1)</b>	I- Explicações que denotam a ideia de a matéria ser formada por entidades submicroscópicas (átomos, partículas, moléculas etc.). Respostas que indicam a presença de componentes cientificamente aceitos.	Adequada
		II- Explicações que denotam a utilização de ideias submicroscópicas (átomos, moléculas, partículas etc.). No entanto, embora se observe ideias sobre a estrutura particular da matéria nas respostas, não encontramos esclarecimentos sobre os componentes científicos empregados.	Parcialmente adequada
		III- Explicações que denotam a ideia da matéria ser formada por entidades submicroscópicas (átomos, partículas, moléculas etc.); No entanto, as respostas aparecem carregadas de uma linguagem na qual se percebe a confusão entre os termos empregados na química.	Parcialmente Adequada
		IV- Respostas parafraseadas, nas quais os alunos recuperam os dados da própria pergunta para justificar sua explicação, denotando sua crença.	Parcialmente adequada
		V- Presença de explicação com a utilização de um modelo submicroscópico alternativo. Respostas com a utilização de ideias vagas, pouco definidas, carregadas de caráter de cunho pessoal.	Inadequada
<b>Modelos explicativos no nível submicroscópico</b> (respostas que utilizam a ideia de entidades submicroscópicas: átomos, moléculas, partículas etc.)	<b>B-Inadequação/ausência de explicações (questão-1)</b>	VI- Inadequação da resposta. Não respondem ao que é solicitado e, às vezes, as respostas são de cunho macroscópico.	Inadequada
		VII- Não sabe (O aluno escreve que não sabe)	
		VIII- Em branco, o aluno não responde.	

**Quadro 2.** Nível de adequação científica das explicações em cada categoria de análise no respectivo nível explicativo

O nível de adequação científica das explicações dos alunos foi classificado em: explicações adequadas - explicações elaboradas demonstrando reflexão, com a utilização de leis e teorias decorrentes de modelos racionais coerentes com os modelos científicos; explicações parcialmente adequadas - explicações que demonstram coerência na compreensão do fenômeno, no entanto, não apresentam justificativas baseadas em leis ou teorias científicas (por exemplo: o álcool evapora mais rápido do que a água); explicações inadequadas - explicações carregadas de erros conceituais e concepções alternativas, não justificando a compreensão do fenômeno, também foram consideradas neste nível de adequação: questões em branco, com indicações do não reconhecimento da pergunta (não sei), respostas incoerentes com o que se propõe na questão.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a análise das respostas dos alunos de acordo com o quadro analítico (quadro 2), todas as explicações que os alunos forneceram foram mapeadas em uma matriz<sup>2</sup> que possibilitou verificar o modelo mental expresso por cada aluno e da classe como um todo, em cada uma das dimensões de análise.

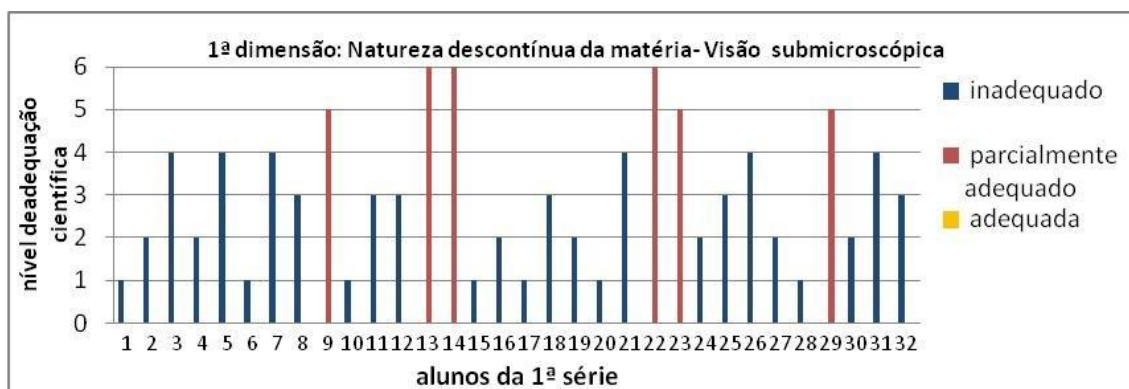
<sup>2</sup> Neste estudo, matriz é uma estrutura para representar o conhecimento conceitual dos alunos sobre a estrutura da matéria, buscando a utilização adequada ou não de seus modelos explicativos.

		Matriz representativa do nível de adequação científica das explicações dos alunos na 1ª dimensão de análise																																	
Categorias de análise	Tipo de explicação	Instrumento_Q1: Respostas as questões (1,2,3,4,5)																																	
		Alunos da 1ª série de ensino médio																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
Modelos explicativos no nível microscópico	A- Descontinuidade da matéria (questão-1-)			2																				2	2	2									
	B- Inadequação																																		

**Figura 1:** Nível de adequação científica das explicações dos alunos na 1ª dimensão de análise

Na fig.1, apresentamos o fragmento de uma das matrizes de análise da 1ª dimensão. Analisamos os dados a partir das matrizes, com foco no nível de adequação científica, utilizando o programa computacional da Microsoft Office Excel 2003 (planilha de dados), função somatória. Atribuímos às explicações os valores de 0 (inadequadas), 1 (parcialmente adequadas) e 2 (adequadas). Isto possibilitou estabelecer relações entre o nível de adequação científica das explicações em cada um dos níveis: submicroscópico e macroscópico.

Considerando a 1ª dimensão de análise, com um total de 6 categorias, no nível explicativo dos modelos de explicações submicroscópicas, no qual A + B compunha a 1ª. categoria e C, D, E, F e G as demais, o aluno que manifestasse todas as explicações em um nível de aceitação adequada, somaria um total de 12 pontos. Assim, considerando os três níveis de adequação científica se estabeleceu o seguinte padrão de pontuação: para uma somatória de 0-4 pontos – visão inadequada, de 5-8 pontos – visão parcialmente adequada e de 9-12 pontos – visão adequada. Esse procedimento nos possibilitou a elaboração de um gráfico para melhor avaliar e visualizar a compreensão conceitual de cada aluno. A figura 2 apresenta a relação do nível de adequação científica das respostas dos alunos da escola no nível de explicação submicroscópico na 1ª dimensão de análise.



**Figura 2-** Nível de adequação científica dos alunos na 1ª dimensão de análise ao nível submicroscópico de suas explicações.

Considerando a 1ª dimensão de análise, na qual foram exploradas as ideias sobre: a descontinuidade da matéria, o modelo representativo do átomo, o reconhecimento das partes e partículas de um átomo, a ideia do vazio e do movimento entre as partículas, foi possível

verificar que 46,9% dos alunos não apresentaram uma visão descontínua da matéria. Apenas 15,6% dos alunos, quando tentavam justificar a descontinuidade, citavam ser a matéria formada de átomos e 37,5%, embora empregassem a palavra átomo, não a utilizavam para uma explicação coerente.

Quanto ao modelo representativo do átomo, 75% dos alunos optaram pelo modelo de Rutherford, no entanto as partes e partículas constituintes do átomo foram por eles descritas de maneira inadequada, como por exemplo, explicações baseadas na ideia de um núcleo constituído de prótons que se move ao redor de nêutrons (68,7%). Ao se referirem ao núcleo, utilizaram uma linguagem incoerente, denominando-o de átomo, partícula, molécula e até mesmo célula. Ao se referirem à eletrosfera, utilizaram termos como: plasma, corrente, membrana, parede celular. Tais idéias podem estar ligadas a um ensino que não tenha valorizado a importância do reconhecimento destas entidades submicroscópicas ou pela falta de conhecimento conceitual (FRANÇA et al., 2009). A existência de espaços vazios entre as partículas constituintes da matéria é pouco aceita pelos alunos (59,4%). Os alunos apresentaram a idéia de que as partículas estão muito juntas e entre elas existe ar ou mais partículas do material. A existência de movimento entre as partículas foi considerada por 59,4% dos alunos e, em suas explicações, citam que as partículas se movimentam devido à agitação do sistema ou à presença de “bolhas” que as empurram.

Para se ter uma idéia da análise individual que permitiu a construção do nível de adequação científica (fig.2), apresenta-se a visão do aluno de nº 13. Este, embora aceite a descontinuidade da matéria, emprega uma linguagem na qual percebemos confusões nos termos empregados na química. O aluno não reconhece as partes e partículas no modelo de Rutherford, que foi por ele escolhido como representativo de um átomo. Considera que exista o vazio, mas que podem ocorrer mais partículas do material neste espaço. Aceita parcialmente que as moléculas se movimentam, pois sugere que isso ocorre quando o material é agitado.

Considerando a 1ª dimensão de análise, na qual foram exploradas as ideias sobre: a descontinuidade da matéria, o modelo representativo do átomo, o reconhecimento das partes e partículas de um átomo, a ideia do vazio e do movimento entre as partículas, foi possível verificar que 46,9% dos alunos não apresentaram uma visão descontínua da matéria. Apenas 15,6% dos alunos, quando tentavam justificar a descontinuidade, citavam ser a matéria formada de átomos e 37,5%, embora empregassem a palavra átomo, não a utilizavam para uma explicação coerente.

Quanto ao modelo representativo do átomo, 75% dos alunos optaram pelo modelo de Rutherford, no entanto as partes e partículas constituintes do átomo foram por eles descritas de maneira inadequada, como por exemplo, explicações baseadas na ideia de um núcleo constituído de prótons que se move ao redor de nêutrons (68,7%). Ao se referirem ao núcleo, utilizaram uma linguagem incoerente, denominando-o de átomo, partícula, molécula e até mesmo célula. Ao se referirem à eletrosfera, utilizaram termos como: plasma, corrente, membrana, parede celular. Tais idéias podem estar ligadas a um ensino que não tenha valorizado a importância do reconhecimento destas entidades submicroscópicas ou pela falta de conhecimento conceitual (FRANÇA et al., 2009). A existência de espaços vazios entre as partículas constituintes da matéria é pouco aceita pelos alunos (59,4%). Os alunos apresentaram a idéia de que as partículas estão muito juntas e entre elas existe ar ou mais partículas do material. A existência de movimento entre as partículas foi considerada por 59,4% dos alunos e, em suas explicações, citam que as partículas se movimentam devido à agitação do sistema ou à presença de “bolhas” que as empurram.

Para se ter uma idéia da análise individual que permitiu a construção do nível de adequação científica (fig.2), apresenta-se a visão do aluno de nº 13. Este, embora aceite a

descontinuidade da matéria, emprega uma linguagem na qual percebemos confusões nos termos empregados na química. O aluno não reconhece as partes e partículas no modelo de Rutherford, que foi por ele escolhido como representativo de um átomo. Considera que exista o vazio, mas que podem ocorrer mais partículas do material neste espaço. Aceita parcialmente que as moléculas se movimentam, pois sugere que isso ocorre quando o material é agitado.

## CONCLUSÃO

Os resultados indicam que esses alunos fornecem respostas incoerentes tanto do ponto de vista macroscópico quanto submicroscópico quando tentam explicar os fenômenos químicos envolvidos em seu cotidiano. De maneira geral, as explicações dadas representam ideias distantes de um modelo científico.

Este estudo revelou que a noção da descontinuidade da matéria, ideia fundamental para a compreensão do comportamento e propriedades da matéria, não está presente na concepção dos alunos. Assim, há necessidade de se investir na aprendizagem desses alunos, propondo situações que permitam a reflexão sobre os aspectos submicroscópicos da estrutura da matéria, com ênfase em um modelo atômico que os subsidie na compreensão das propriedades e comportamento da matéria para que superem a barreira da superficialidade na qual se encontram. Desta forma, sugerimos que durante o ensino de química se retome os conceitos sobre a estrutura do átomo em vários momentos, principalmente os que envolvam a elaboração de modelos microscópicos sobre a estrutura da matéria, possibilitando que os alunos interliguem as ideias sobre a natureza da matéria na compreensão das propriedades das substâncias e das transformações químicas.

## Referências

- BENARROCH, B. A. Una Interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. **Enseñanza de las Ciencias**. 19(1), p. 123-134, 2001.
- BENARROCH, B. A.; MARÍN, M. N. Dependencia de las explicaciones de los alumnos de esquemas de conocimiento específicos y generales. **Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias**. v.2, p. 67-75, 1998.
- FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Estrutura atômica e formação de íons: Uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Química Nova na Escola**. 31(4), p. 275-282, 2009.
- LUFFIEGO, M. Reconstruyendo el Constructivismo: Hacia un Modelo Evolucionista del Aprendizaje de Conceptos. **Enseñanza de las Ciencias**. 19(3), p. 377-392, 2001.
- MARTÍNEZ, J. M. O. Algunas Reflexiones sobre Las Concepciones Alternativas y el Cambio Conceptual. **Enseñanza de Las Ciencias**. 17(1), p. 93-107, 1999.
- MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, p. 1-39, 1982.
- ONTORIA, A.; BALLESTEROS, A.; CUEVAS, C.; GIRALDO, L.; GÓMEZ, J.; MARTÍN, I.; MOLINA, A.; RODRIGUEZ, A.; VÉLEZ, U. **Mapas Conceituais: Uma Técnica para Aprender**. Lisboa: Edições Asa, p. 7-25, 1994.
- POZO, J. I. CRESPO, M. A. G., LIMON, M. e SERRANO, S. A. **Procesos cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química**. Madrid. CIDE-MEC. p. 10-159, p. 64-218, 1991.