



Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas

José Odair da Trindade e Dácio Rodney Hartwig

Como consequência das dificuldades dos alunos relacionadas aos conceitos de maior abstração de química, utilizou-se, no presente trabalho, a concepção de aprendizagem significativa conforme a teoria de Ausubel. Daí, derivam-se os mapas conceituais que são diagramas bidimensionais, cujo objetivo é representar as relações entre os conceitos, por meio de proposições, em um determinado tópico. Podem ser utilizados como estratégias de ensino, avaliação, estudo, entre outros. Com a finalidade de minimizar as mencionadas dificuldades, organizou-se um minicurso referente a ligações químicas, que foi aplicado em uma turma de 1ª série do ensino médio no interior do estado de Minas Gerais. Nas aulas, os estudantes entraram em contato com estratégias diversificadas de ensino: atividades de informática (realidade virtual-3D, animações, vídeos), modelagem (modelos plásticos, bexigas) e material instrucional (apostila), organizado a partir da Teoria de Ausubel. Como forma de avaliação da aprendizagem, recorreu-se à elaboração de mapas conceituais. Ao término, os alunos responderam a um questionário de avaliação da metodologia de ensino. As maiores dificuldades estiveram relacionadas à ausência de exemplos nos mapas e à correta construção de proposições, apoiadas em palavras de ligação apropriadas. Com este trabalho, foi possível constatar que a estratégia dos mapas conceituais é um recurso válido para sondar em profundidade as limitações e potencialidades de aprendizagem dos alunos, mesmo em terrenos muito áridos, onde predomina a falta de motivação para a aprendizagem significativa e a ausência de recursos materiais. Por outro lado, houve uma grande aceitação dos alunos por atividades de informática e modelos, mas menor pela elaboração dos mapas. É possível que essa resistência seja uma consequência dos bons resultados anteriores em abordagens de aprendizagem mecânica, porque tornam os estudantes inseguros na mudança para estratégias de aprendizagem significativa, visto que consideram um desafio tomarem a responsabilidade pela construção dos seus próprios significados, embora compensadora para alguns aprendizes.

► aprendizagem significativa, mapas conceituais, realidade virtual no ensino de química ◀

Recebido em 06/08/2011, aceito em 16/03/2012

Sabe-se que os estudantes têm pouca motivação para o estudo de química, uma vez que atribuem a essa disciplina um caráter memorístico, tratando-a como algo desestimulante e sem sentido (Mortimer et al., 1994). Ao se observar esse contexto, verifica-se a importância da criação de recursos didáticos modernos, que estejam desvinculados dos métodos tradicionais de ensino: a velha lousa aliada a muita decoreba (Fonseca, 2001). Uma possibilidade é a realidade virtual, ambiente gráfico gerado por recursos computacionais de aparência realística, no qual o usuário pode navegar e interagir em três dimensões (Sfalcin e Rogado, 2011).

Dessa forma, este trabalho tem o papel de proporcionar condições favoráveis à aprendizagem significativa – a

moldura teórica de Ausubel –, cujo foco é o armazenamento organizado de informações na mente do indivíduo que aprende, ou seja, uma aprendizagem com compreensão e duradoura e, mais claramente dizendo, uma aprendizagem com entendimento, acompanhada por aquisição e retenção de estruturas estáveis e organizadas de conhecimento.

Nas palavras de Ausubel et al. (1980, p. 10), a aprendizagem significativa “consiste na aquisição duradoura e memorização de uma rede complexa de ideias entrelaçadas que caracterizam uma estrutura organizada de conhecimento que os alunos devem incorporar em suas estruturas cognitivas”. Esse processo envolve a interação da nova informação com uma teia de conhecimento específica, existente na estrutura cognitiva do estudante, a qual Ausubel define como subsunçor, que é, nessa concepção, um conceito facilitador ou inseridor para um novo assunto, ou seja, o conhecimento prévio que será ativado para facilitar a inserção de uma nova informação.

A seção “Pesquisa no ensino de Química” inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na análise de resultados.

Ausubel et al. (1980) definem ainda subsunçor como “esteio” ou “pilar” como um conceito de sustentação, apoio, base, auxílio, suporte ou sustento para a ancoragem (fixação) de um novo conhecimento que se deseja reter.

Para o desenvolvimento de subsunçores, Ausubel et al. (1980) recomendam o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do assunto a ser aprendido. Segundo os autores, a principal função do organizador prévio é a de servir de “ponte cognitiva”, isto é, de ligação, elo, entre os conhecimentos anteriores do aprendiz e o que ele deve saber, a fim de que o novo assunto possa ser aprendido de forma significativa. O uso desses organizadores, portanto, é uma estratégia para trabalhar a estrutura cognitiva e, assim, facilitar a aprendizagem significativa.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo. Essa condição implica que o aprendiz tenha disponíveis, em sua estrutura cognitiva, os subsunçores adequados. A outra condição é que ele manifeste disposição positiva para relacionar os novos conhecimentos aos prévios para que a aprendizagem possa ser significativa. “Ninguém aprenderá significativamente se não quiser aprender. É preciso uma predisposição para aprender, uma intencionalidade” (Moreira, 2008, p. 16).

De acordo com Ausubel (2003) e Ausubel et al. (1980), há aspectos essenciais de facilitação da aprendizagem significativa, dentre os quais se destacam a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na diferenciação progressiva de conceitos. Já a reconciliação integrativa consiste no ato de recombinar, reagrupar ou reorganizar as semelhanças e diferenças entre conceitos ou proposições.

Inicialmente, os mapas conceituais foram criados como instrumento de avaliação de entrevistas (Novak e Gowin, 1999) e, posteriormente, “para pôr em prática as ideias de Ausubel sobre a aprendizagem significativa” (Ontoria et al., 2005, p. 49). Nas palavras de Novak e Gowin (1999), “um mapa conceptual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceptuais incluídos numa estrutura de proposições” (p. 31).

Com o uso de mapas conceituais (MC), o conhecimento pode ser externado por meio da utilização de conceitos e palavras de ligação que formam proposições: estas mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo e são representadas pela unidade semântica: conceito – palavra (frase) de ligação – conceito.

[...] a principal função do organizador prévio é a de servir de “ponte cognitiva”, isto é, de ligação, elo, entre os conhecimentos anteriores do aprendiz e o que ele deve saber, a fim de que o novo assunto possa ser aprendido de forma significativa.

De acordo com o trabalho de Machado e Mortimer (2007), o conhecimento químico é construído pela combinação de três níveis representacionais: fenomenológico, teórico e representacional, isto é, dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica. O aspecto fenomenológico trata dos processos perceptíveis e observáveis por meio de informações sensoriais e medições como variação térmica, cores e cheiros em laboratório, ou seja, fenômenos concretos e visíveis

(Silva, 2007). O enfoque teórico relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular e envolve explicações baseadas no arranjo ou movimento de entidades não diretamente observáveis como átomos, moléculas, íons e elétrons, veiculadas por meio de modelos abstratos. Os conteúdos químicos de natureza simbólica compreendem informações inerentes à linguagem química como símbolos, fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas.

Segundo Silva (2007), modelo molecular é uma representação imagética das partículas submicroscópicas, cujo meio de veiculação pode variar desde o papel, passando pelos conjuntos plásticos, isopor e madeira, até chegar à tela do computador ou projeção holográfica. Quando o modelo molecular é veiculado pelo computador, ele pode melhorar a visualização e promover a motivação nos estudantes.

Neste estudo, empregou-se a visualização de estruturas moleculares em 3D por meio de estereoscopia anaglífica digital, a qual se baseia no princípio de cada um dos olhos visualizar determinada cena por uma perspectiva diferente. A sobreposição, isto é, o resultado da interpretação pelo cérebro das duas imagens bidimensionais que

cada olho capta a partir de seu ponto de vista, retornará uma imagem tridimensional de uma determinada cena. O sistema anaglífico produz as imagens estereoscópicas, que consiste em imprimir as vistas direita e esquerda de uma determinada cena e sobrepô-las (fundi-las) como duas imagens azul e vermelha. Ao usar óculos com lentes de celofane, também

azul e vermelha, o observador obtém a sensação de profundidade. Assim, quando essas duas imagens são combinadas no cérebro, obtêm-se informações quanto à profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos e cria-se uma ilusão de tridimensionalidade (sensação de visão 3D).

Portanto, os recursos diversificados – dentre eles, a realidade virtual – tiveram como finalidade observar os seguintes aspectos: contextos diferentes para o mesmo conceito; formas ilustrativas; e generalização. De acordo

O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na diferenciação progressiva de conceitos. Já a reconciliação integrativa consiste no ato de recombinar, reagrupar ou reorganizar as semelhanças e diferenças entre conceitos ou proposições.

com Ausubel et al. (1980), quando um mesmo conceito é exposto a uma grande variedade de “contextos específicos diferentes e formas ilustrativas é mais eficiente para a generalização do que uma experiência intensiva com algumas poucas ilustrações” (p. 167). Ou ainda, “é provável que os fatores que influenciam a clareza e a estabilidade das ideias de subsunção incluam a repetição, o uso de exemplares e a exposição multicontextual” (p. 65).

Diante do exposto, os seguintes problemas podem ser formulados: Em que extensão o uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino causa aprendizagem significativa referente às ligações químicas? Como os alunos avaliam a mencionada instrução?

Metodologia

O presente estudo foi realizado em uma das turmas da 1ª série do ensino médio na Escola Estadual Professor Salatiel de Almeida, na cidade de Muzambinho (MG). Com o objetivo de encontrar elementos para responder às questões de pesquisa, preparou-se um minicurso com duração de 37 horas-aula, denominado *Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química* e conduzido em três etapas descritas a seguir. No total, 40 alunos participaram da investigação.

Primeira etapa

Durante esse período, desenvolveram-se duas atividades principais: a primeira consistiu em familiarizar os alunos na elaboração de mapas conceituais e, a segunda, em revisar os conceitos relacionados aos tópicos de estrutura atômica e tabela periódica, pré-requisitos para as ligações químicas. A etapa de familiarização foi feita conforme Lourenço (2008) e Trindade (2011). Os alunos entenderam a metodologia de construção dos mapas. Houve momentos de estudo, discussão e reforço da técnica. Na revisão do conteúdo de estrutura atômica, recorreu-se a estudo de textos, exercícios, modelos e atividades de informática conforme Fiscarelli et al. (2011); Medeiros (2008) e LabVirt (2011).

Segunda etapa

Nesse período, trabalharam-se as atividades relacionadas às ligações químicas, conforme descritas a seguir:

Na abertura para o tema, utilizou-se como organizador prévio um vídeo sobre ligações químicas de acordo com Fiscarelli et al. (2011).

No ensino do conteúdo de ligação iônica, utilizou-se vídeo, bem como textos, modelos e exercícios. Quanto ao tema ligação covalente, propiciou-se, ao mesmo tempo daquele vídeo, a visualização de uma série de modelos moleculares em 3D (realidade virtual). Para a correta visualização do efeito 3D, os alunos deveriam usar óculos com

lentes coloridas, uma azul e outra vermelha. As moléculas foram selecionadas do trabalho de Correia (2011). Além desses recursos, foram utilizados modelos plásticos de moléculas como O_2 , N_2 , H_2O e CO_2 . O mesmo ocorreu para representar as moléculas de H_2S , NH_3 e CH_4 , as quais apresentam geometria angular, piramidal e tetraédrica, respectivamente. Nesse tópico, utilizaram-se, além de modelos plásticos, bexigas e tetraedro confeccionado em papelão, por meio dos quais foi possível ilustrar a distorção que um par de elétrons não compartilhados causa no arranjo espacial de moléculas como H_2O e NH_3 . A instrução também foi subsidiada por estudo de textos. Já a ligação metálica foi desenvolvida por meio de modelos plásticos – do tipo pau-e-bola, em que se usaram somente as bolas –, cuja finalidade era explicar a teoria do mar de elétrons. Com bolas de tamanho maior, representaram-se os cátions, que foram envolvidos por bolas menores, as quais, por sua vez, simbolizaram os elétrons temporariamente deslocalizados. Uma aproximação analógica para esse modelo seriam os elétrons representados por boias flutuantes no mar

(Masterton et al., 1990). Assim, as boias podem se movimentar fácil e livremente pelo mar, este representado pelos cátions, que podem receber elétrons e voltar à forma de átomo neutro. Utilizou-se também texto teórico para estudo, discussão, explicações adicionais e exercícios. Após o estudo de cada tipo de ligação, solicitou-se dos alunos a elaboração de um mapa conceitual correspondente.

O presente estudo foi realizado em uma das turmas da 1ª série do ensino médio na Escola Estadual Professor Salatiel de Almeida, na cidade de Muzambinho (MG). Com o objetivo de encontrar elementos para responder às questões de pesquisa, preparou-se um minicurso com duração de 37 horas-aula, denominado *Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química* e conduzido em três etapas [...].

Terceira etapa

Fase final, com aplicação de questionário de avaliação do curso, o qual foi respondido por 38 alunos.

A análise dos mapas conceituais baseou-se na criação de três mapas, ora denominados mapas de referência. Estes foram elaborados pelos autores de forma independente um do outro: cada versão foi discutida até se encontrar a final, que foi submetida a outros dois docentes (um do ensino médio e outro universitário). A versão final correspondente à ligação iônica, covalente e metálica encontra-se disponível sob solicitação. O intuito foi utilizá-los como balizas para a comparação com os mapas confeccionados pelos estudantes. Já a elaboração dos critérios que nortearam a avaliação e a análise dos mapas buscou integrar denominadores comuns de outros trabalhos da literatura, dentre eles: Correia et al. (2010); Costamagna (2001); e Nunes e Pino (2008). Trata-se de uma diretriz que contempla tanto aspectos qualitativos quanto quantitativos ao estabelecer categorias de pontuação expressas no Quadro 1. O intervalo de pontuação de cada categoria variou de 0 a 1 ponto. Como há dez categorias, o total de pontos permitidos para o mapa de cada assunto foi de 10,0 pontos. Tomou-se como média

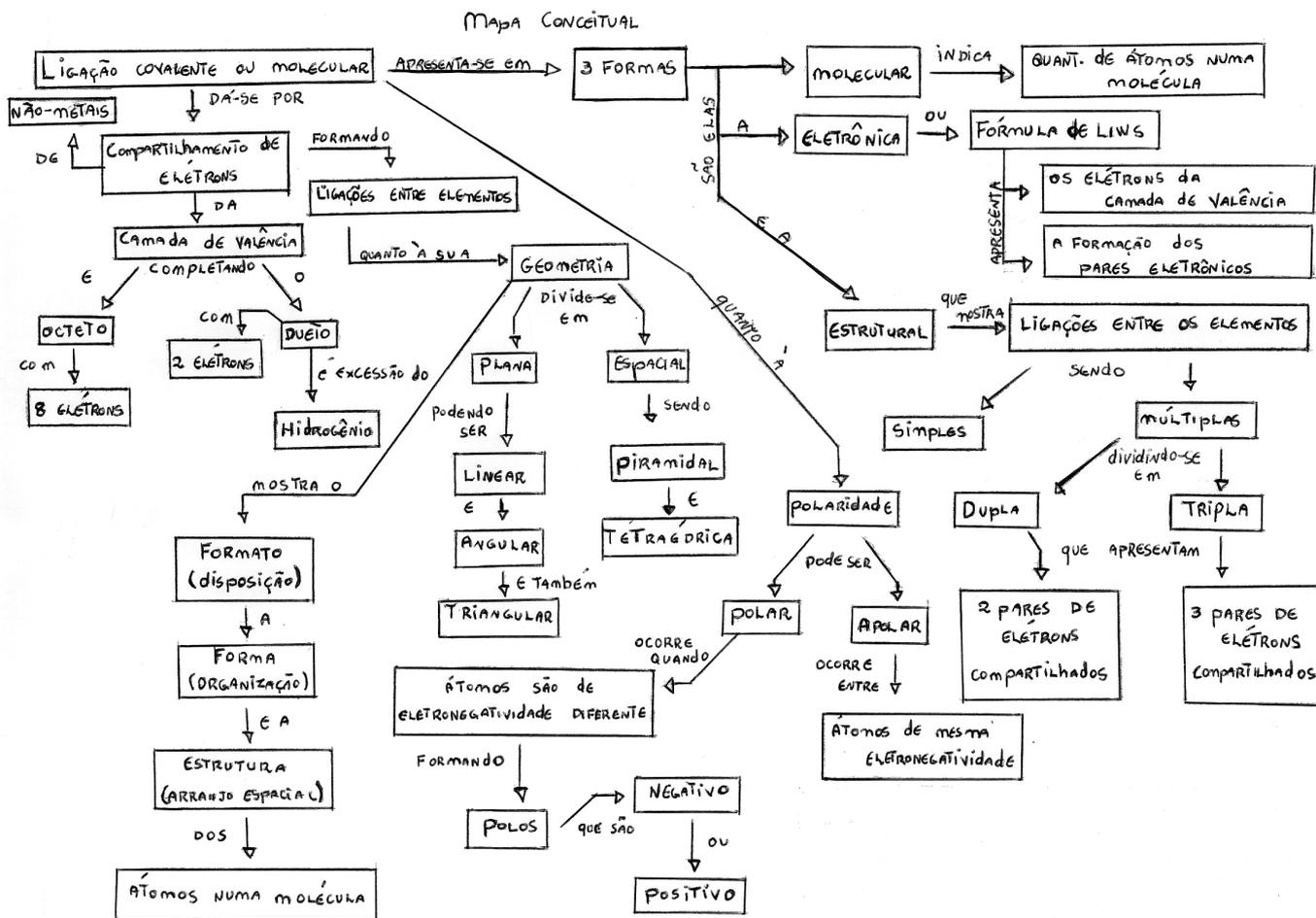


Figura 1: Mapa conceitual sobre o tema Ligação Covalente.

satisfatória – resultado esperado – o padrão 50%, ou seja, a metade do total permitido, 5,0 pontos, conforme trabalho de Lourenço (2008). Além dos critérios gerais de pontuação das categorias – expostos no Quadro 1 –, algumas exigiram a inclusão de subcritérios, dentre elas: conceitos básicos, conceitos novos, exemplos, proposições e reconciliação integrativa. A seguir, há uma discussão desses subcritérios em relação ao tema ligação covalente, cuja função é ilustrar a metodologia que orientou a análise dos MC.

Quanto à categoria conceitos básicos, forneceu-se uma lista com o total de conceitos (26) contemplados no mapa de referência (MR). Adotou-se o seguinte parâmetro de pontuação:

- ✓ 0 a 6 conceitos – 0,0 ponto (menos que 25% dos conceitos da lista);
- ✓ 7 a 12 conceitos – 0,5 ponto (25% dos conceitos da lista);
- ✓ 13 a 26 conceitos – 1,0 ponto (50% dos conceitos da lista).

Procedimento semelhante foi adotado para as proposições. O mapa de referência evidenciou 32 proposições válidas, conforme Quadro 2, e os critérios de pontuação foram organizados da seguinte maneira:

- ✓ 0 a 7 proposições – 0,0 ponto (menos que 25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 8 a 15 proposições – 0,5 ponto (25% da quantidade

de proposições do MR);

- ✓ 16 a 32 proposições – 1,0 ponto (50% da quantidade de proposições do MR).

A correção da categoria dos exemplos obedeceu aos seguintes parâmetros:

- 1,0 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma intencional, isto é, havia a palavra de ligação – exemplo – explícita entre um conceito e o exemplo em si;
- 0,5 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma não intencional, ou seja, não havia a menção explícita da palavra de ligação – exemplo – entre o conceito e o exemplo em si, portanto, o pesquisador deveria deduzir que se tratava de um exemplo implícito;
- 0,0 ponto – quando não se mencionou exemplo(s).

Para as categorias conceitos novos – ou seja, aqueles diferentes da lista fornecida no caso das ligações iônicas e covalentes ou distintos daqueles do MR das ligações metálicas – e reconciliação integrativa, atribuiu-se 1,0 ponto, independentemente da quantidade de conceitos novos ou recombinações válidas, isto é, a simples menção válida garantiria a pontuação máxima permitida, uma vez que tais categorias evidenciam a criatividade do aprendiz.

Resultados e discussão

Nos mapas sobre ligação iônica, do total de 26 elaborados individualmente e com o fornecimento dos conceitos

Quadro 1: Categorias de análise dos mapas conceituais para aferir conceito.

Categorias	Descrição dos critérios sob a forma de questão(ões)-foco
1- Conceitos básicos	O mapa tem pelo menos 50% dos conceitos básicos da lista fornecida / ou do mapa de referência?
2- Conceitos novos (criatividade)	Há algum conceito novo relevante para o assunto em questão?
3- Ligações entre conceitos	Todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas?
4- Palavras de ligação (conectivos)	A maioria das palavras de ligação/frases de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam?
5- Exemplos	O mapa apresenta exemplos apropriados para o assunto em questão?
6- Clareza do mapa Estética do mapa Capricho Símbolos geométricos (caixas, círculos)	O mapa é legível e de fácil leitura? Existe clareza de leitura do mapa para o leitor? O mapa é legível, sem riscos ou borrões? A caligrafia é legível? Todos os conceitos aparecem em caixas (retângulos)? Há correção ortográfica?
7- Proposições (conceito-palavra de ligação-conceito)	O mapa tem pelo menos 50% da quantidade de proposições válidas do mapa de referência? As proposições têm significado lógico do ponto de vista semântico e científico? As conexões estão de acordo com o que é cientificamente aceito? ("O núcleo do átomo é constituído por prótons, nêutrons e <i>elétrons</i> .")
8- Hierarquização	Há uma ordenação sucessiva dos conceitos? Demonstrou-se boa hierarquização dos conceitos, representada por pelo menos 03 níveis hierárquicos? O mapa é em forma de árvore (dendrítico), em vez de alinhado (linear)?
9- Diferenciação progressiva	É possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados? É possível identificar, com clareza, os conceitos mais gerais e os mais específicos? Há uma diferenciação conceitual progressiva que mostra o grau de subordinação entre os conceitos? O conceito superordenado é o mais vasto, amplo e abrangente?
10- Reconciliação integrativa (criatividade)	Há uma recombinação, ou seja, um rearranjo dos conceitos? Há relações cruzadas ou transversais entre conceitos pertencentes a diferentes partes do mapa?

Quadro 2: Proposições válidas do mapa de referência sobre ligação covalente.

1- ligação covalente – formada por – compartilhamento de elétrons	17- geometria – pode ser – plana
2- compartilhamento de elétrons – na – camada de valência	18- plana – pode ser – linear
3- camada de valência – para completar o – octeto	19- linear – exemplo – O_2
4- octeto – ocorre entre – hidrogênio, ametais e semimetais	20- plana – pode ser – angular
5- hidrogênio, ametais e semimetais – formam – moléculas	21- angular – exemplo – H_2O
6- moléculas – podem ter – ligações	22- plana – pode ser – triangular
7- ligações – podem ser – simples	23- triangular – exemplo – BF_3
8- ligações – podem ser – múltiplas	24- geometria – pode ser – espacial
9- múltiplas – podem ser – dupla	25- espacial – pode ser – piramidal
10- múltiplas – podem ser – tripla	26- piramidal – exemplo – NH_3
11- moléculas – podem ter – polaridade	27- espacial – pode ser – tetraédrica
12- polaridade – pode ser – polar	28- tetraédrica – exemplo – CH_4
13- polar – exemplos – HF , HCl , H_2O , NH_3	29- moléculas – representam-se por uma – fórmula
14- polaridade – pode ser – apolar	30- fórmula – pode ser – molecular
15- apolar – exemplos – H_2 , O_2 , CO_2 , CH_4	31- fórmula – pode ser – eletrônica
16- moléculas – possuem – geometria	32- fórmula – pode ser – estrutural

básicos, apenas 10 alunos (38%) obtiveram média satisfatória, em oposição a 16 (62%) que tiveram rendimento insatisfatório. As categorias nas quais os alunos mais demonstraram facilidade em trabalhar referem-se às dos

conceitos básicos (87%), seguida pela hierarquização (83%) e pelas ligações entre conceitos (81%), conforme Figura 2. Essas categorias contemplam os pontos mais fáceis de construção dos mapas. Em contrapartida, as

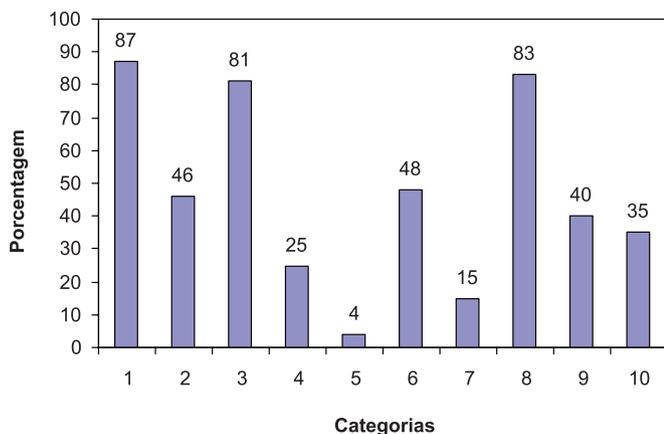


Figura 2: Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias avaliadas nos mapas conceituais sobre ligação iônica.

categorias relacionadas aos exemplos (4%), às proposições (15%) e às palavras de ligação (25%) foram as que os alunos tiveram maior dificuldade em trabalhar. O embaraço com os exemplos revela-se pelo fato de os aprendizes pouco consultarem o material instrucional, a fim de extraírem dele os significados expostos tanto no texto quanto nos exercícios. Em relação às proposições e às palavras de ligação, a estrutura conceito-palavra de ligação-conceito, na maioria das vezes, não apresentou sentido lógico. Essa limitação pode ser consequência da necessidade de uma revisão de português – destacada pelo pesquisador aos alunos –, porém não realizada pelos aprendizes, daí originando as mais diversas incorreções. É possível que esse resultado encontre respaldo na teoria de Ausubel et al. (1980), quando afirma ser necessário “que o aluno manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa – ou seja, uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva” (p. 34).

Já para o tema ligação covalente, houve um incremento na quantidade de mapas com conceito considerado satisfatório. Dos 19 mapas construídos em grupos e também com o fornecimento de conceitos básicos, 12 deles (63%) obtiveram média considerada satisfatória, e apenas 07 (37%) tiveram médias abaixo do esperado.

A análise da Figura 3 evidencia as categorias que os alunos trabalharam com maior eficiência. Dentre elas, pode-se destacar a hierarquização (87%), os conceitos novos (84%) e os conceitos básicos (82%). O fato de uma considerável porcentagem dos alunos trabalhar satisfatoriamente a hierarquização indica que eles entenderam que os conceitos devem estar organizados hierarquicamente, isto é, em uma linha de ordenação sucessiva. Apesar disso, há de se considerar que eles tiveram considerável dificuldade em diferenciar os conceitos mais abrangentes daqueles mais específicos, o que é constatado pelo fato de a categoria diferenciação progressiva ter sido trabalhada

Já para o tema ligação covalente, houve um incremento na quantidade de mapas com conceito considerado satisfatório. Dos 19 mapas construídos em grupos e também com o fornecimento de conceitos básicos, 12 deles (63%) obtiveram média considerada satisfatória, e apenas 07 (37%) tiveram médias abaixo do esperado.

satisfatoriamente por apenas 42% dos estudantes. Ou seja, eles sabem que os conceitos devem ser organizados hierarquicamente ou, em outras palavras, que os conceitos devem ser ordenados sucessivamente, porém têm dificuldade em estabelecer as relações de subordinação entre estes. Outro ponto de destaque é a alta quantidade de mapas que evidenciaram conceitos novos, um indício de que o material instrucional adequado forneceu subsídios aos aprendizes para a compreensão do conteúdo. Esse fato revela ainda que os aprendizes estão tentando se apropriar do novo conhecimento, uma vez que procuram novos conceitos ao elaborarem os mapas, não se contentando apenas com aqueles fornecidos previamente em uma lista pelo pesquisador (conceitos básicos).

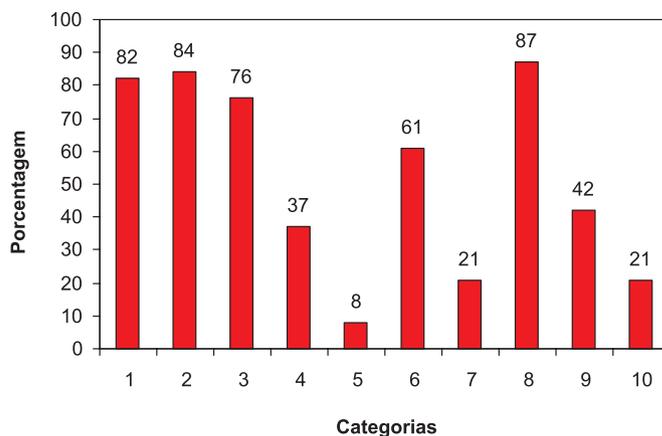


Figura 3: Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias avaliadas nos mapas conceituais sobre ligação covalente.

As categorias dos exemplos (8%), das proposições (21%) e da reconciliação integrativa (21%) revelaram ser as que os estudantes encontraram maior dificuldade em trabalhar. Essa situação mostra que os aprendizes têm limitações em entender e interpretar o novo conhecimento, o que pode estar relacionado a lacunas de conceitos anteriores, assim como pela dificuldade cognitiva em elaborar pequenas sentenças (proposições), apoiadas na insuficiência de conectá-las com as devidas palavras de ligação – categoria que foi trabalhada satisfatoriamente por apenas 37% dos estudantes. A baixa menção de exemplos fortalece essa evidência, ou seja, os alunos buscam se apropriar de novos conhecimentos, porém têm dificuldades de conectá-los aos exemplos, os quais têm por fim propiciar o entendimento dos conceitos, tanto básicos quanto novos. A reconciliação integrativa é algo que diferencia especialistas de iniciantes em determinado assunto, o que justifica o baixo índice de proficiência nessa categoria. A dificuldade em estabelecer a reconciliação integrativa foi encontrada também, por Conceição e Valadares (2002), em alunos iniciantes em mapas conceituais.

Uma forma de atenuar essas limitações é a devida revisão dos temas levantados durante as aulas, cujo objetivo é a almejada assimilação das novas informações, conforme defende Ausubel (2003). Em outras palavras, *formação de hábito de estudo* pelos estudantes. Outra possibilidade é dividir o tema ligações covalentes em tópicos menores, e pedir aos alunos que elaborem os mapas, após a instrução em sala de aula, de cada um desses tópicos.

No entanto, cabe ressaltar que, mesmo em face às dificuldades, a maioria dos alunos conseguiu se organizar e elaborar os mapas conceituais de forma satisfatória. Ou seja, do total de 40 alunos, 35 deles (88%) participaram da construção dos mapas, quer em grupos, quer individualmente. Alicerçado a esse fato, é possível afirmar que a estratégia de construir os mapas em grupos bem como a instrução amparada em multicontextos de ensino foram eficientes, uma vez que a maioria dos aprendizes (63%) elaborou mapas, os quais receberam pontuação dentro do padrão pretendido nesse trabalho – 50% do total de pontos permitidos (Lourengo, 2008).

Desse modo, pode-se considerar que os aprendizes estão em direção à aprendizagem significativa, uma vez que a elaboração dos mapas sobre ligação covalente envolve um número considerável de novos conhecimentos e exige dos estudantes uma atividade cognitiva mais elaborada para interpretar esse vasto conteúdo.

Ainda é possível afirmar que as atividades diversificadas de modelagem (realidade virtual, modelos plásticos, balões, tetraedro de papelão e textos), enfatizadas durante o estudo desse tópico, foram eficazes para que os aprendizes apontassem em 95% de seus mapas o aspecto simbólico do conhecimento químico, o qual geralmente é negligenciado por eles por se tratar de um aspecto que evoca a lembrança de algo difícil, com tendência à memorização. A Figura 1 exemplifica um bom mapa confeccionado sobre o tema em discussão.

Procedimento semelhante foi adotado para a análise dos mapas sobre ligação metálica, cujos resultados podem ser observados na Figura 4. Nos mapas desse assunto, elaborados em grupos e sem o fornecimento de conceitos, 47% dos estudantes alcançaram média satisfatória, e 53% obtiveram rendimento insuficiente. Tal resultado pode estar ligado à ansiedade dos alunos pelo término do semestre letivo e, conseqüentemente, proximidade das férias de meio de ano.

Dentre as categorias as quais os alunos trabalharam com maior eficiência, podem-se destacar a hierarquização (93%), as ligações entre os conceitos (90%) e os conceitos novos (87%). Os conceitos básicos foram trabalhados suficientemente por 70% dos aprendizes, fato revelador de que estes estão a caminho da aprendizagem significativa, uma vez que, assim como o pesquisador,

Ainda é possível afirmar que as atividades diversificadas de modelagem (realidade virtual, modelos plásticos, balões, tetraedro de papelão e textos), enfatizadas durante o estudo desse tópico, foram eficazes para que os aprendizes apontassem em 95% de seus mapas o aspecto simbólico do conhecimento químico, o qual geralmente é negligenciado por eles por se tratar de um aspecto que evoca a lembrança de algo difícil, com tendência à memorização.

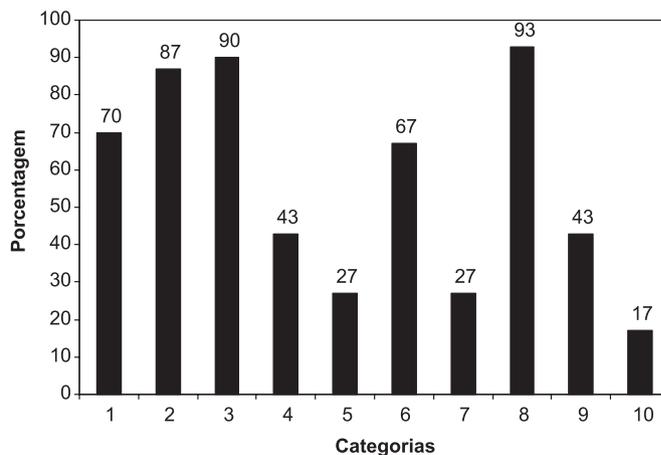


Figura 4: Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias avaliadas nos mapas conceituais sobre ligação metálica.

evidenciaram simultaneamente esses conceitos em seus mapas. Esse aspecto é muito positivo, considerando-se que não houve o fornecimento prévio de uma lista de conceitos, e ambos os mapas guardam pontos em comum. A análise revela ainda que os alunos mantêm clara a ideia de que os conceitos estão organizados na estrutura cognitiva de forma hierárquica, o que é evidenciado na categoria hierarquização, esta trabalhada de maneira satisfatória por 93% dos aprendizes. Permanece, contudo, a dificuldade em estabelecer as devidas relações de subordinação, elucidadas pela diferenciação progressiva, trabalhada de forma eficiente por apenas 43% dos aprendizes. Ponto de destaque é a elevada quantidade de mapas que evidenciaram conceitos novos (87%), aspecto que aponta para o fato de os estudantes buscarem, no material instrucional, subsídios para um melhor entendimento do conteúdo em estudo. Entretanto, a categoria da reconciliação integrativa (17%), dos exemplos (27%) e das proposições (27%) permanecem como as mais desafiadoras para os aprendizes.

No entanto, quando se compara as categorias de avaliação dos mapas em conjunto, conforme Figura 5, é possível afirmar que os estudantes, os quais efetivamente participaram das atividades de confecção dos mapas, avançam de modo gradativo em direção a um aproveitamento considerado propício na maioria das categorias: conceitos novos (2), ligações entre conceitos (3), palavras de ligação (4), exemplos (5), clareza do mapa (6), proposições (7), hierarquização (8) e diferenciação progressiva (9). Fato relevante é o declínio da categoria conceitos básicos (1), em detrimento da ascensão da categoria conceitos novos (2). Tal constatação revela a procura expressiva dos alunos, nos conceitos novos, de subsídios para se apropriarem do conhecimento recente e, assim, alcançarem a aprendizagem significativa.

Já o declínio da categoria reconciliação integrativa (10) revela a dificuldade em identificar semelhanças entre os conceitos, reagrupando-os sob um único conceito. Uma possibilidade para atenuar esse obstáculo é a exposição aos alunos de mapas que contemplam tal princípio, preferencialmente pelos próprios colegas, como forma de valorizar e incentivar a criatividade.

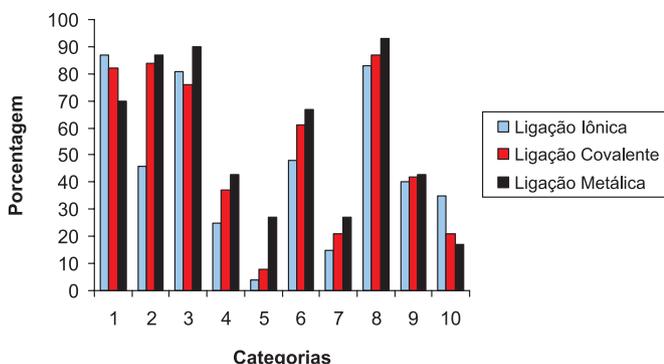


Figura 5: Comparação da frequência de abordagem das categorias de avaliação nos mapas sobre ligações químicas.

A análise do questionário evidenciou que 95% dos estudantes julgaram as atividades diversificadas de ensino como decisivas para a compreensão dos conceitos estudados, enquanto apenas 5% afirmaram que elas pouco contribuíram. Já em relação às atividades de confecção dos mapas, 63% afirmaram que elas contribuíram para a compreensão da matéria; 32% não aprovaram a estratégia; e 5% aprovaram parcialmente. No entanto, uma análise mais apurada revela que a aprovação da metodologia dos MC é apenas aparente, uma vez que 63% manifestaram resistência à estratégia, quando questionados se gostariam que em outras disciplinas também fossem utilizados mapas conceituais. Tal constatação vincula-se à dificuldade dos aprendizes em lidar com tarefas que exijam demanda cognitiva, ou seja, que trabalhem com o pensamento. Desse modo, eles preferem uma educação tradicional, conforme já observado por Novak (2000, p. 195): “Os anteriores êxitos nas abordagens de aprendizagem por memorização tornam-nos inseguros na mudança para as estratégias de aprendizagem significativa”, visto que consideram “um desafio tomarem a responsabilidade pela construção dos seus próprios significados”, embora compensadora, na opinião de alguns aprendizes. Os principais aspectos positivos do curso apontados pelos alunos foram a aquisição de novos conhecimentos e o ensino do conteúdo por meio de contextos diversificados, com destaque para as atividades de informática, quando a realidade virtual propiciou a sensação de profundidade das moléculas. Ênfase também para o fato de terem aprendido a fazer mapas conceituais.

A análise do questionário evidenciou que 95% dos estudantes julgaram as atividades diversificadas de ensino como decisivas para a compreensão dos conceitos estudados, enquanto apenas 5% afirmaram que elas pouco contribuíram. Já em relação às atividades de confecção dos mapas, 63% afirmaram que elas contribuíram para a compreensão da matéria; 32% não aprovaram a estratégia; e 5% aprovaram parcialmente.

Considerações finais

Os resultados indicam que o uso de mapas conceituais é válido para examinar a organização conceitual que os alunos assimilaram após um período instrucional. Os resultados vão ao encontro da Teoria de Ausubel, a qual propõe que a aprendizagem somente será significativa se os estudantes estiverem predispostos a aprenderem com entendimento. Em outras palavras, se forem ensinados e incentivados a aprenderem dessa forma em detrimento de uma aprendizagem mecânica. Visando-se a melhores resultados, é necessário que a metodologia dos mapas conceituais bem como a aprendizagem significativa ocupem lugar na escola desde os primeiros anos de formação dos estudantes, sendo incorporada gradualmente ao cotidiano escolar. Ademais, é importante salientar que a aprendizagem só será significativa se houver um esforço consciente por parte do aprendiz. É possível afirmar também que, por mais fértil que seja a instrução, quer contemple contextos diversificados, quer busque novas formas de avaliação ou, ainda, se afaste do modelo de ensino tradicional, sem entusiasmo, motivação ou curiosidade intelectual por parte dos alunos, ela está fadada a produzir resultados tímidos. Assim, sendo o estudante o esteio ou pilar de todo o processo de ensino-aprendizagem, seu papel é primordial para a construção de uma aprendizagem significativa e duradoura. Cabe ressaltar que os contextos diversificados de ensino contemplados

neste estudo, em especial as atividades de informática, foram muito bem aceitos pelos alunos, o que evidencia a preferência dos aprendizes por situações que fujam à rotina monótona do quadro e giz, realidade na maioria das escolas públicas. Assim, os mapas conceituais bem como as atividades de informática, quando combinados adequadamente, podem constituir-se em um recurso eficiente na direção de uma aprendizagem significativa.

Agradecimentos

À Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais pela licença concedida a José Odair da Trindade para a realização do Mestrado; e ao Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, campus Muzambinho, pela liberação parcial.

José Odair da Trindade (jodairt@hotmail.com), licenciado em Química pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Guaxupé (UNIFEG), mestre em Ensino de Química pela UFSCar, professor de educação básica da Escola Estadual Professor Salatiel de Almeida de Muzambinho, é professor do curso Técnico em Meio Ambiente e pesquisador colaborador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Pouso Alegre - MG – Brasil. **Dácio Rodney Hartwig** (hartwigdacio@hotmail.com), licenciado em Química pela UFSCar, mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela UNICAMP, doutor em Didática pela USP, é docente aposentado do Departamento de Metodologia de Ensino da UFSCar. São Carlos - SP – Brasil.

Referências

- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003. 219 p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625 p.
- CONCEIÇÃO, L. e VALADARES, J. Mapas conceituais progressivos como suporte de uma estratégia construtivista de aprendizagem de conceitos mecânicos por alunos do 9º ano de escolaridade – que resultados e que atitudes? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 21-35, 2002.
- CORREIA, J. A. *Estereoscopia digital no ensino da química*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/joana/prototipo/index.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- CORREIA, P. R. M.; SILVA, A. C. e ROMANO JR., J. G. Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 4402-1 – 8, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/324402.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2012.
- COSTAMAGNA, A. M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 2, p. 309-318, 2001.
- FISCARELLI, S. H.; OLIVEIRA, L. A. A.; BIZELLI, M. H. S. S.; OLIVEIRA, O. M. M. F. e TOGNOLLI, J. O. *Concepção, desenvolvimento e aplicação de conteúdos digitais para ambientes de aprendizagem: uma experiência no curso de graduação em Química*. Araraquara: Instituto de Química de Araraquara – Unesp. Disponível em: <<http://e-quimica.iq.unesp.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- FONSECA, M. R. M. *Completamente química: manual do professor*. São Paulo: FTD, 2001. 288 p. (Coleção Completamente química, ciências, tecnologia e sociedade).
- LABVIRT. Universidade de São Paulo. *Laboratório didático virtual*. São Paulo: Escola do Futuro. Disponível em: <<http://www.labvirtq.fe.usp.br/appletslistalabvirt2.asp?time=14:33:53>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- LOURENÇO, A. B. *Análise de mapas conceituais elaborados por alunos da 8ª série do ensino fundamental a partir de aulas pautadas na teoria da aprendizagem significativa: a argila como tema de estudo*. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.
- MACHADO, A. H. e MORTIMER, E. F. Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: ZANON, L. B. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica* no Brasil. Ijuí: Unijuí, 2007. p. 21-41.
- MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J. e STANITSKI, C. L. *Princípios de Química*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990. 681 p.
- MEDEIROS, M. A. *Simulações, vídeos e animações: contribuições da web para o ensino de Química*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 14, 2008, Curitiba. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0749-1.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2011.
- _____. A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. In: MASINI, E. F. S. e MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos*. São Paulo: Vetor, 2008. p. 15-44.
- MORTIMER, E. F.; MOL, G. e DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência? *Química Nova*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 243-252, 1994.
- NOVAK, J. D. *Aprender, criar e utilizar o conhecimento: mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Lisboa: Plátano, 2000. 252 p.
- NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. 2. ed. Lisboa: Plátano, 1999. 212 p.
- NUNES, P. e PINO, J. C. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. *Experiências em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 53-63, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID54/v3_n1_a2008.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2010.
- ONTORIA, A.; BALLESTEROS, A.; CUEVAS, C.; GIRALDO, L.; MARTÍN, I.; MOLINA, A.; RODRÍGUEZ, A. e VÉLEZ, U. *Mapas conceituais: uma técnica para aprender*. São Paulo: Loyola, 2005. 238 p.
- SFALCIN, S. L. S. e ROGADO, J. *Aplicação da realidade virtual no ensino-aprendizagem de conceitos de química*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 46, 2006, Salvador. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2006/trabalhos2006/13/116-IC-334-502-13-T2.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- SILVA, J. G. *Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em Química*. 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- TRINDADE, J. O. *Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química por meio de mapas conceituais*. 2011. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

Para saber mais

- MINTZES, J. J.; WANDERSEE, J. H. e NOVAK, J. D. *Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano, 2000. 304 p.
- FARIA, W. *Mapas conceituais: aplicações ao ensino, currículo e avaliação*. São Paulo: EPU, 1995. 59 p. (Temas básicos de educação e ensino).

Abstract: Combined Use of Conceptual Maps and Diversified Strategies of Teaching: An Early Analysis of Chemical Bonds. As a consequence of students difficulties related to the concepts of higher level of Chemistry abstraction, in this work it was used the concept of Ausubel's Meaningful Learning Theory. From it, the Concept Maps that are two-dimensional diagrams are used with the purpose of representing the relation among the concepts, through propositions, in a particular topic. They can be used as teaching, assessment and study strategies, among others. In order to minimize the mentioned difficulties, a short course related to chemical bonds was applied in a high school class of first year in the State of Minas Gerais. In classes, students came into contact with diversified learning strategies: computer-related activities (virtual reality – 3D, animation, and video), modeling (plastic models, balloons) and instructional material (apostil) organized from Ausubel's theory. As a form of learning assessment, we used the concept maps elaboration. Upon completion of strategies, students answered a questionnaire that evaluated the teaching methodology. The major difficulties were the ones related to the absence of examples in the maps and the correct construction of propositions, supported by suitable linking words. With this study, we found that the strategy of Concept Maps is a valuable resource to probe accurately the limitations and potential for students learning, even in a very arid field, dominated by a lack of motivation for meaningful learning and the absence of material resources. On the other hand, there was a wider student's acceptance for templates and information technology, but a lower acceptance for maps making. It is possible that this resistance is a consequence of the early good results in learning by rote approaches, because students become unsafe in strategies changing Meaningful Learning, once they consider a challenge being responsible for their own meaning building, although it is rewarding for some students.

Keywords: Meaningful Learning. Concept Maps. Virtual reality in Chemistry teaching.