



07

AS DIFICULDADES DE COMPREENSÃO SOBRE O CONCEITO DE SOLUÇÃO REPRESENTADO EM NÍVEL SUBMICROSCÓPICO POR ESTUDANTES LATINO- AMERICANOS

*DIFFICULTIES PRESENTED BY LATIN AMERICAN STUDENTS IN
UNDERSTANDING THE CONCEPT OF SOLUTION REPRESENTED IN
SUBMICROSCOPIC LEVEL*

Gustavo Bizarria Gibin¹
(gustavogibin@fct.unesp.br)

1.UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Presidente Prudente

Gustavo Bizarria Gibin :

licenciado em Química, mestre em Química e doutor em Ciências pela UFSCar. É docente na UNESP – Campus Presidente Prudente e atua nas linhas de pesquisa: modelos mentais sobre conceitos químicos, experimentação didática e análise de materiais didáticos.



RESUMO

Os estudantes geralmente têm dificuldades na elaboração de modelos sobre conceitos ou fenômenos químicos em nível atômico-molecular, nos diferentes graus de ensino, desde a educação básica até a pós-graduação. Portanto, é importante investigar esses modelos e compreender as dificuldades que os estudantes podem apresentar. O objetivo da pesquisa foi analisar como os estudantes de cursos de engenharia da UNILA relacionam representações atômico-moleculares de soluções aquosas com o conceito de concentração e se conseguiam definir os solutos e solventes representados no sistema. A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário escrito em que os estudantes faziam interpretações sobre imagens que representam o nível atômico-molecular. Foi observado que a maior parte dos estudantes teve dificuldades para relacionar as imagens com a concentração das soluções e para determinar as identidades de solutos e solventes nos sistemas. Como implicação para o ensino, seria interessante utilizar imagens, animações, modelos físicos ou virtuais para ensinar o conceito de concentração química, pois pode auxiliar a compreensão dos estudantes sobre este tema.

Palavras chaves: Modelos Mentais, Soluções Aquosas, Níveis de Representação

ABSTRACT

Students often have difficulties in developing mental models of chemical concepts or phenomena at the atomic-molecular level in the different levels of education, from basic education to master degree or doctorate. Therefore, it is important to investigate these models and understand the difficulties that students may have. The goal of this work was to analyze how students of engineering courses of UNILA relate atomic- molecular representations of solutions with the concept of concentration, and if they were able to identify the solutes and solvents represented in a system. Data collection was performed through of a written exam which students should interpret images that represent the atomic - molecular level. It was observed that the most of students had difficulties to relate the images to the concentration of the solutions and to determine the identities of solutes and solvents in systems. As implication for teaching, would be interesting to use images, animations, virtual or physical models for teaching the concept of chemical concentration, because it can help students' understanding of the subject.

Key-words: Mental Models, Aqueous Solutions, Representation Levels.



INTRODUÇÃO

Moreira (1996) aponta que a pesquisa em ensino de Ciências durante a década de setenta ficou focada nas concepções alternativas e durante a década de oitenta investigou as mudanças conceituais dos alunos. E atualmente a pesquisa em ensino de Ciências está dirigida para as representações mentais, em particular dos modelos mentais.

Muitos estudos têm sido realizados sobre modelos mentais no ensino de Ciências. No ensino de Química, Christidou, Koulaidis e Christidis (1997) identificaram os modelos mentais de crianças sobre a camada de ozônio. Wu, Krajcik e Soloway (2000), Dori e Barak (2001) realizaram estudos em que contemplavam as representações mentais de alunos sobre moléculas orgânicas. Barnea e Dori (1999), Coll e Treagust (2001), Coll e Taylor (2002) investigaram os modelos mentais sobre ligações químicas. Carvalho e Justi (2005) realizaram um estudo envolvendo o modelo de ligação metálica. Francisco Júnior (2008) propôs uma investigação dos modelos mentais de alunos do Ensino Médio sobre o fenômeno de deposição metálica espontânea. Velázquez-Marcano et al. (2004) estudaram os modelos mentais sobre difusão e efusão de alunos graduandos no curso de Química. Treagust, Chittleborough e Mamiala (2004) investigaram os modelos mentais dos alunos de Ensino Médio sobre fundamentos de Química Orgânica. She (2004) estudou os modelos mentais de alunos de Ensino Médio sobre dissolução e difusão. Souza e Cardoso (2009) investigaram os modelos mentais de alunos da pós-graduação em Química sobre dissolução de sal e base. Pallant e Tinker (2004) investigaram os modelos mentais sobre os estados físicos da matéria. Santos e Greca (2005) verificaram as representações mentais de graduandos do curso de Química sobre interações intermoleculares. Além disso, foram feitos estudos sobre modelos dos alunos a respeito de ligações iônicas e interações intermoleculares por meio de modelagem (FERREIRA et al., 2007; MOZZER, QUEIROZ e JUSTI, 2007; MENDONÇA e JUSTI, 2007a, 2007b). Todos estes estudos foram realizados basicamente com o emprego de testes escritos, com imagens fornecidas ou elaboradas pelos estudantes, manipulação de modelos e entrevistas semiestruturadas como forma de coleta de dados. Portanto, existem muitos trabalhos realizados sobre os modelos mentais sobre fenômenos e/ou conceitos químicos e isso é importante para o ensino de Química.

Para este trabalho, foi selecionado o conceito de solução química, pois mesmo sendo um conceito fundamental no estudo da Química, os estudantes apresentam dificuldades em relação a este assunto (SHE, 2004; CARMO e MARCONDES, 2008).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os modelos desempenham um papel central na Ciência. Segundo Ferreira e Justi (2008) os modelos estão no centro de qualquer teoria: são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da Ciência.

De acordo com Ferreira e Justi (2008) um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou ideia, que possui objetivos específicos como, facilitar a visualização; fundamentar a elaboração e o teste de novas ideias; possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre o comportamento e as propriedades de um sistema em estudo. Portanto, um modelo é uma forma de representação da realidade produzida por meio das interpretações pessoais entre o cientista e o sistema estudado.

O uso de modelos é extremamente importante na construção da Ciência e, além disso, é parte integral do processo de aquisição de conhecimento pelo ser humano. As pessoas utilizam modelos para explicar fenômenos ou conceitos. Um cientista elabora um modelo mais complexo; consistente e rigoroso do que um leigo, para explicar um dado fenômeno ou um sistema de interesse.

O conceito de representação é muito importante para a psicologia cognitiva e para a investigação em ensino de Ciências. De acordo com Moreira, Greca e Palmero (2002), “uma representação é qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que representa alguma coisa que é tipicamente algum aspecto do mundo exterior ou de nosso mundo interior (ou seja, de nossa imaginação) em sua ausência.” A palavra bola ou o desenho de uma bola são representações externas que permitem evocar o objeto em sua ausência. Na Química, existe toda uma linguagem para representar os elementos e as reações químicas entre outros fenômenos. É importante utilizar esta linguagem, pois muitas vezes o objeto de estudo da Química se encontra em um nível submicroscópico, ou seja, não é visível a olho nu.

As representações internas ou mentais são maneiras de reconstruir o mundo externo em nossas mentes

(MOREIRA, GRECA e PALMERO, 2002). A teoria de Johnson-Laird (1983) propõe a existência de três grandes tipos de representação, com relação aos processos mentais: representações proposicionais, imagens e modelos mentais. Segundo o autor: “Representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são visualizações de modelos sob um determinado ponto de vista”. Nessa teoria, diferentemente das representações proposicionais, os modelos mentais não têm uma estrutura sintática definida, mas sim uma estrutura que é correspondente à estrutura do estado de coisas do mundo que eles representam. Portanto, modelos mentais são análogos estruturais de estados de coisas do mundo. Os modelos mentais, assim como as imagens, são altamente específicos e essa característica os diferencia das representações proposicionais. Johnson-Laird (1983) afirma que os modelos podem ser diferentes em termos de quantidade de elementos presentes e na complexidade desses elementos. Assim, a análise de um modelo mental pode ser feita em relação a quantidade e complexidade dos elementos presentes.

De acordo com Norman (1983), os modelos mentais possuem algumas características gerais, como a instabilidade, pois as pessoas tendem a esquecer detalhes do modelo, principalmente quando os modelos não são utilizados por elevados períodos de tempo. Os modelos apresentam a tendência de ser incompletos, e além disso, a habilidade das pessoas em executar seus modelos mentais geralmente é muito limitada. Os modelos geralmente não possuem fronteiras bem definidas, pois conceitos semelhantes são confundidos uns com os outros. E muitas vezes, os modelos são não-científicos, ou seja, refletem e concepções e comportamentos supersticiosos, que não têm relação com a lógica. Assim, os modelos mentais refletem as concepções de uma pessoa sobre um fenômeno ou conceito.

Ainda segundo a teoria, as imagens são formas de visualização dos modelos mentais. Greca e Moreira (2002) afirmam que a “imagem se converteria no foco onde o sujeito se concentraria para analisar as propriedades particulares dos objetos ou situações reais ou imaginárias”. Por isso, as imagens têm um papel fundamental na investigação sobre modelos mentais, principalmente no ensino de Ciências e de Química.

Johnstone (1993, 2000) afirma que no processo de compreensão do conhecimento químico estão envolvidos três diferentes níveis de representação: macroscópico, submicroscópico e simbólico. De acordo com Wu, Krajcik e Soloway. (2001), no nível de representação macroscópico os fenômenos são observáveis e no submicroscópico o conceito químico é explicado por meio do arranjo e movimento de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras partículas. A Química no nível simbólico refere-se a representações simbólicas de átomos, moléculas, fórmulas, equações, ou seja, é relacionada à linguagem da Química. Portanto, para obter uma boa compreensão da Química, é necessário conhecer esses níveis de representação e conseguir transitar entre eles.

Ben-Zvi, Eylon e Silberstein (1987) apontam que várias pesquisas mostram que os estudantes apresentam dificuldades para compreender os diferentes níveis de representações em Química. Ainda segundo estes pesquisadores, os estudantes apresentam dificuldades com as representações submicroscópica e simbólica porque são invisíveis e abstratas, e o pensamento dos alunos é elaborado sobre a informação sensorial. Além disso, conforme assinala Gillespie (1997), “Os estudantes não conseguem estabelecer relações apropriadas entre o nível macro e o submicroscópico”. É muito interessante para o ensino de Química, investigar as dificuldades apresentadas pelos alunos nas diferentes formas de representação, e como constroem seus modelos sobre os conceitos químicos.

Na Química, os modelos mentais são estabelecidos pela relação entre os níveis macroscópico e o submicroscópico. Na verdade, o nível de representação submicroscópico do conhecimento químico corresponde a um modelo criado para tentar explicar a natureza macroscópica. Os átomos, e por consequência as moléculas, íons, elétrons, etc., são modelos criados para descrever a natureza da matéria bem como os fenômenos associados a esta. É preciso que o estudante tenha contato com um sistema ou que o sistema seja descrito verbalmente, para que desse modo ele possa elaborar um modelo mental do sistema em nível submicroscópico. O nível representacional simbólico auxilia o desenvolvimento de modelos mentais, no sentido de informar valores quantitativos das equações químicas (índices e coeficientes).

Ao desenvolver os modelos mentais dos estudantes em Química é interessante iniciar os estudos por meio da observação de algo concreto, como a execução de um experimento, por exemplo. E em seguida, utilizar imagens, vídeos ou modelos moleculares para estimular os alunos a pensar em um nível submicroscópico e elaborar um modelo mental do sistema.

Existem dificuldades em elaborar modelos mentais sobre o conceito de solução química em todos os níveis de ensino. Souza e Cardoso (2009) investigaram modelos mentais de estudantes de pós-graduação em Química Analítica e observaram que surgiram dificuldades, como se pode observar na figura 01.

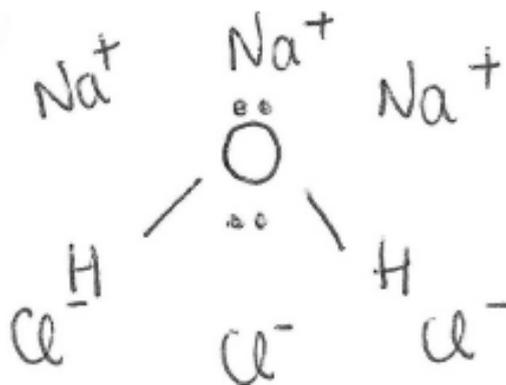


Figura 01: Representação da dissolução de cloreto de sódio em água por pós-graduandos em Química (SOUZA e CARDOSO, 2009).

Os estudantes relacionaram de forma inadequada, que o oxigênio presente na molécula de água atrai os íons sódio e que os hidrogênios da molécula da água atraem os íons cloreto. Não foram apresentadas as esferas de hidratação, com as moléculas de água envolvendo em várias camadas as espécies iônicas. Assim, nesse modelo, o elemento interação entre as espécies químicas não é totalmente adequado à literatura química. Aparentemente os modelos expressos pelos pós-graduandos são semelhantes a modelos de estudantes do Ensino Médio que nunca tinham estudado formalmente esse conteúdo (GIBIN, 2009), como observado na figura 02.

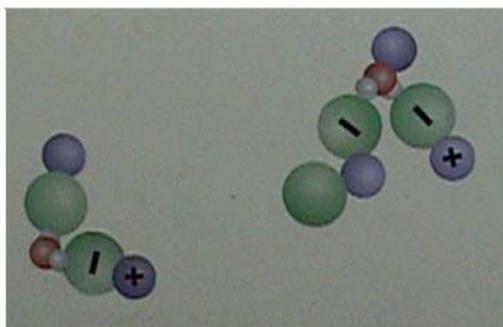


Figura 02: Representação da dissolução do cloreto de sódio em água por um grupo de estudantes da 1ª série do Ensino Médio (GIBIN, 2009).

No modelo expresso pelos estudantes do Ensino Médio, o hidrogênio da molécula de água atrai os íons cloreto (esferas verdes representadas na figura 02) e os átomos de oxigênio presentes na água atraem os íons sódio (esferas roxas). Além disso, existe muita interação entre os íons cloreto e sódio e é formado um tipo de cadeia entre as espécies iônicas e a água.

Os estudantes de pós-graduação deveriam apresentar modelos mentais mais sofisticados do que os dos estudantes do Ensino Médio. Por exemplo, no modelo dos pós-graduandos não foi observado o elemento esferas de hidratação. Entretanto, foi observado que os modelos de ambos os grupos de estudantes são semelhantes. Assim, mesmo químicos formados, que atuam na pós-graduação podem apresentar modelos inadequados sobre conceitos químicos básicos, como as interações que envolvem uma solução química. Portanto, existem dificuldades em elaborar modelos mentais sobre o conceito de solução em todos os níveis de ensino.

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho é investigar os modelos mentais dos estudantes sobre o conceito químico de soluções, e de forma mais específica, sobre solutos, solventes e concentração.

Portanto, as questões de pesquisa são as seguintes: dadas três imagens que representam soluções químicas, os estudantes de graduação conseguirão identificar quais espécies correspondem aos solutos e aos solventes? Além disso, com base nas imagens, conseguirão identificar e explicar de forma coerente qual é a solução mais concentrada e a solução mais diluída?

Uma hipótese de pesquisa é a de que o uso de representações de conceitos em nível submicroscópico auxilie no desenvolvimento de modelos mentais sobre conceitos químicos sobre o nível atômico-molecular.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal da Integração Latino Americana (UNILA), situada na cidade de Foz do Iguaçu, no estado do Paraná. Essa região consiste em uma fronteira entre o Brasil, Paraguai e Argentina. A universidade possui um objetivo de contribuir para a integração da América Latina por meio da formação de recursos humanos e da condução de pesquisa científica internacional. Portanto, a UNILA possui um perfil diferenciado de professores e estudantes, do Brasil e de diversos países da América Latina.

A pesquisa envolveu 15 alunos das turmas de Química Geral, dos cursos de Engenharia de Energias Renováveis e Engenharia Civil de Infraestrutura da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Essa turma era de reoferta, portanto, os estudantes já tinham cursado previamente pelo menos uma vez essa disciplina. A maior parte dos estudantes tinha a nacionalidade paraguaia (66,7%) e o restante eram brasileiros (33,3%).

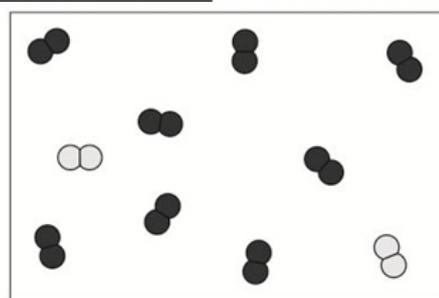
Durante a disciplina de Química Geral não foram utilizadas representações do nível submicroscópico para ensinar o conceito de soluções químicas. Entretanto, estas representações foram utilizadas para o ensino de outros conceitos, como modelos atômicos e cinética química. Nesse contexto, foi observado que os estudantes tiveram dificuldades de compreensão sobre os modelos atômicos (GIBIN, 2014).

Foi aplicado um questionário escrito que possui figuras que representam soluções em nível submicroscópico. Os estudantes deveriam identificar os solutos, os solventes e fazer inferências sobre as concentrações.

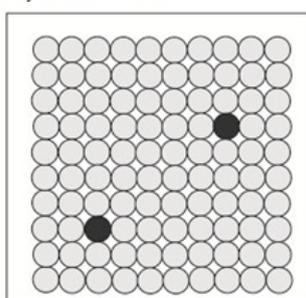
Na disciplina foram aplicadas duas avaliações escritas. A segunda avaliação, aplicada ao final do semestre letivo, abordou os conteúdos de misturas heterogêneas e solução química, tipos de concentração e interações intermoleculares.

Nessa avaliação, foi aplicada uma questão em que foram apresentadas três representações submicroscópicas de diferentes soluções químicas, como se pode observar na figura 03. Nessa questão é solicitado que os estudantes estabeleçam relações entre os conceitos de solução química, como soluto, solvente e concentração com as representações dos sistemas em nível submicroscópico. Na figura são representados o ar atmosférico, o aço e uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl). Assim, com as representações submicroscópicas apresentadas, foi solicitado que os estudantes determinassem qual espécie consistia no soluto e no solvente para cada sistema. Além disso, era requisitado que os estudantes explicassem qual dos sistemas apresentava a solução mais concentrada e a solução mais diluída.

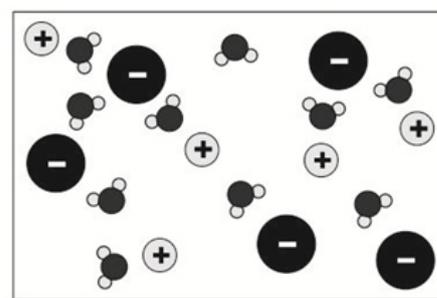
Questão 1 (1,0). São representadas três soluções nas imagens a seguir: ar atmosférico, aço e solução aquosa de cloreto de sódio. Analisando as imagens, determine.



●● gás nitrogênio
○○ gás oxigênio



○ ferro
● carbono



●○ água
+ - cloreto de sódio

- Qual é o soluto em cada solução representada? Justifique.
- Qual é o solvente em cada imagem? Justifique.
- Qual é a solução mais concentrada? Justifique.
- Qual é a solução mais diluída? Justifique.

Figura 03: Questão utilizada na avaliação para investigar os modelos dos estudantes. Fonte: Autor (2015)

Os dados foram analisados de acordo com os elementos apresentados nas explicações dos estudantes. Na teoria de modelos mentais (Johnson-Laird, 1983), o que diferencia um modelo de um iniciante e de um cientista ou professor consiste na quantidade de elementos e a complexidade de relações estabelecidas entre esses

elementos. Assim, os elementos que serão analisados são os conceitos de solutos, solventes e concentração de uma solução química.

As representações das soluções apresentadas na figura 03 foram elaboradas pelo autor, de acordo com as imagens que geralmente são encontradas em livros de Química Geral voltados para o Ensino Superior (ATKINS; JONES, 2007; BROWN, LEMAY e BURSTEN, 2005).

Cabe salientar que o desenvolvimento dos modelos mentais envolve os três níveis de representação do conhecimento químico: o macroscópico, o simbólico e o submicroscópico. Além disso, é necessário que o estudante consiga transitar entre esses três níveis. Portanto, é interessante que o estudante consiga compreender um conceito e/ou fenômeno por meio de uma representação submicroscópica, como as elaboradas na figura 03.

Além disso, o ensino tradicional de Química e de Ciências é amplamente pautado no nível de conhecimento simbólico. Eventualmente, em cursos de ensino superior, existem disciplinas experimentais, portanto também é abordado o nível macroscópico. Assim, é relevante realizar uma pesquisa sobre os modelos mentais de estudantes, com foco nas representações submicroscópicas, em uma disciplina de Química Geral, em que a abordagem de ensino utilizada é basicamente tradicional, e que prioritariamente foi utilizado o nível simbólico de conhecimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, os estudantes tiveram dificuldades em identificar nas representações das soluções em nível submicroscópico, quais espécies eram os solutos e os solventes. Também houve dificuldade em compreender a concentração das soluções representada nas imagens. Portanto, os estudantes apresentaram dificuldades em elaborar modelos mentais sobre o conceito de solução química.

Uma parte significativa (53,3%) dos estudantes não conseguiu determinar de forma adequada quais eram os solutos e os reagentes presentes em cada sistema representado na figura 03. Esses estudantes simplesmente não justificaram a escolha das espécies químicas como soluto ou como solvente no sistema. É possível que esse grupo de estudantes não tenha elaborado um modelo mental sobre esse conceito, uma vez que não explicaram a escolha do soluto ou do solvente para cada sistema.

Pequena parte dos estudantes (20,0%) estabeleceu relações adequadas entre as quantidades de solutos e solventes presentes na figura 03. Foi considerada uma relação adequada quando apontado que no ar atmosférico o soluto consiste no gás oxigênio e o solvente é o gás nitrogênio; que no aço o soluto é o carbono e o solvente consiste no ferro e por fim, que na solução aquosa de cloreto de sódio, a água é identificada como o solvente e o cloreto de sódio consiste no soluto.

O Aluno W explicou as imagens sobre soluções da seguinte forma: “Solutos são (sic) os que geralmente estão em menor quantidade. No primeiro desenho de ar atmosférico o soluto é gás nitrogênio. No segundo desenho do aço o soluto é o carbono e no terceiro desenho. E no terceiro desenho de solução aquosa de cloreto de sódio o soluto é o cloreto de sódio. (...) Solvente, geralmente, se apresenta em maior quantidade. Ajuda na diluição da mistura. A água é considerada o solvente universal. No ar atmosférico o solvente é o gás oxigênio (sic). No aço é o ferro e na solução aquosa de cloreto de sódio é a água”. Apesar de inverter as identidades do soluto e do solvente, o Aluno W relaciona que os solutos estão em menor quantidade e os solventes em maior quantidade nos sistemas.

O Aluno G explicou que “no ar atmosférico, oito moléculas de $O_2(g)$ para duas moléculas de $N_2(g)$. Considerando a definição de solução como uma proporção entre a massa de soluto e do solvente, conclui-se que neste caso o solvente é oxigênio 8/2 quatro moléculas de oxigênio para uma molécula de nitrogênio. (...) No caso do aço conclui-se que o solvente é (sic) ferro. A proporção entre soluto é (sic) solvente e (sic) 100/2, cinquenta átomos de ferro para cada átomo de carbono no sistema observado. (...) No caso do NaCl, o solvente é a água, por se tratar de um solvente universal”. O estudante consegue identificar de forma adequada os solutos e os solventes para todos os sistemas apresentados.

Em relação à concentração, muitos estudantes (53,3%) compreenderam que as soluções mais concentradas eram aquelas em que as partículas estavam mais próximas, como no caso do aço, representado na figura 03. Utilizando um raciocínio similar, os mesmos estudantes relacionaram que a solução mais diluída era a que apresentava mais espaços vazios entre as partículas. Assim, os estudantes apresentaram a figura 03, que representa o ar atmosférico, como a solução mais diluída.

O Aluno D descreveu que: “(a solução mais diluída é a) da água e cloreto de sódio porque a água é um solvente universal e isto que dizer que qualquer substância será diluída em contato com ela”.

É interessante notar que sobre a solução aquosa, não é utilizado o raciocínio matemático para explicar a identidade do solvente. Os Alunos G e D simplesmente afirmaram que a água é o solvente universal, por isso,

solubiliza o qualquer soluto. Outros estudantes apresentaram justificativas semelhantes, atribuindo a capacidade da água de solubilizar muitos tipos de substâncias. Essa ideia é recorrente no ensino do conceito de água como solvente (Marcussi et al, 2011).

O Aluno V apresentou a seguinte resposta: “(A solução mais concentrada) é o aço, porque os átomos (sic) estão mais unidos” (...) “(A solução mais diluída) é a solução aquosa de cloreto de sódio, porque o cloreto de sódio, se encontra todo diluído na água”.

Outra ideia semelhante observada foi a de que o aço por ser um sólido, corresponderia à solução mais concentrada. O Aluno D apontou que: “a (solução) mais concentrada é do ferro e o carbono porque sua estrutura é mais forte e já que o ferro é um sólido e está mais concentrado”. Utilizando raciocínio semelhante, a Aluna B apontou que: “a solução mais diluída vai ser o ar atmosférico por estar no estado gasoso”. Norman (1983) aponta que os modelos mentais refletem as concepções de uma pessoa sobre um fenômeno, e é interessante notar que nos relatos desses dois estudantes existe uma certa lógica, entretanto, não é coerente com os conceitos científicos.

Parte dos estudantes (20,0%) utilizou adequadamente o raciocínio de calcular a concentração, estabelecendo uma razão entre o número de partículas de soluto e o número de partículas da solução ou entre o número de partículas do soluto e o número de partículas do solvente, que também foi considerado correto. Esses estudantes identificaram que a concentração do oxigênio no ar atmosférico era de 20% (duas moléculas de oxigênio sobre dez moléculas representadas na imagem) ou outro raciocínio é estabelecer a proporção de duas moléculas de oxigênio para oito moléculas de nitrogênio. Para o aço, no cálculo da concentração feito por esses estudantes consta o seguinte: dois átomos de carbono para cem átomos do sistema ou dois átomos de carbono para noventa e oito átomos de ferro. Para a solução aquosa de cloreto de sódio, os estudantes estabeleceram as relações entre cinco íons de cloreto e de sódio para dez moléculas de água ou dez íons (cloreto e sódio) para dez moléculas de água. Dessa forma, eles estabeleceram de forma adequada que a solução mais concentrada é a de cloreto de sódio e a solução menos concentrada é o aço. A seguir são apresentadas algumas das respostas dos estudantes.

O estudante W apontou de forma adequada que: “A (solução) mais concentrada é a solução aquosa de cloreto de sódio, pois é a que tem a menor relação entre água e cloreto de sódio (quantidades iguais)”

Sobre a solução mais diluída, o estudante W apontou que: “a solução mais diluída é a do aço (segunda solução), pois é a que tem a maior diferença entre soluto e solvente”.

Estes estudantes utilizaram os elementos soluto, solvente e concentração de forma bem definida. As relações matemáticas entre solutos e solventes foram consideradas na elaboração do modelo mental sobre solução.

Por fim, 26,7% dos estudantes não realizaram a atividade, ou seja, não selecionaram as imagens que representam as soluções mais concentradas e as mais diluídas. Também não apontaram nas imagens quais substâncias eram os solutos e os solventes de cada solução. Esse grupo de estudantes provavelmente não conseguiu elaborar um modelo mental sobre o conceito, pois nem apontaram os solutos e solventes das soluções e também não identificaram as soluções mais concentradas ou mais diluídas das imagens. Todos esses estudantes possuem a nacionalidade paraguaia. É possível que estes estudantes tenham uma dificuldade extra, relacionada com a língua portuguesa utilizada durante as aulas e nas avaliações e assim, tenham mais dificuldade em compreender os conceitos químicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve dificuldades dos estudantes para compreender o conceito de concentração em representações de soluções em nível submicroscópico. A maior parte dos estudantes apresentou dificuldades para compreender o conceito de solução, pois não identificou ou selecionou de forma inadequada os solutos e os solventes de acordo com o representado nas figuras e não justificaram a escolha. Além disso, tiveram dificuldades com o conceito de concentração, não descrevendo quais soluções eram mais concentradas e quais eram as mais diluídas ou apresentando de forma inadequada, considerando apenas a proximidade entre as espécies, os estados físicos da solução e não as relações matemáticas de proporção entre as substâncias.

Cerca de um quinto dos estudantes apresentou modelos adequados para esse conceito, identificando corretamente os solutos e os solventes e empregando relações de proporção entre as quantidades das espécies, para definir a solução mais concentrada e a mais diluída.

Como implicações para o ensino de Química, seria interessante empregar as representações submicroscópicas para o ensino de conceitos e/ou fenômenos químicos, como o de soluções químicas, mesmo para o nível de graduação, pois na literatura educacional existe um grande número de pesquisas sobre dificuldades de compreensão sobre conceitos químicos.

O uso de representações submicroscópicas pode propiciar melhorias na compreensão da Química, inclusive

de conceitos matemáticos como a concentração de soluções. As representações podem ser empregadas por meio do uso de imagens estáticas, presentes em livros didáticos de Química Geral (ATKINS; JONES, 2007; BROWN, LEMAY e BURSTEN, 2005). Existem animações que apresentam soluções químicas representadas em nível submicroscópico (GIBIN, 2015a; GIBIN, 2015b), que também podem ser utilizadas como recurso didático. As imagens, estáticas ou em movimento, podem ser utilizadas no ensino dos conceitos e também como forma de avaliação. Outra possibilidade didática consiste no uso de modelos moleculares físicos comerciais ou alternativos (OLIVEIRA, 2013). A vantagem do uso dessas representações reside em tornar visíveis e manipuláveis os modelos explicativos. Assim, o professor pode explicar os conceitos por meio dessa forma de representação e auxiliar os estudantes a desenvolverem modelos mentais mais acurados sobre os conceitos e/ou fenômenos químicos.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química – Questionando a vida moderna e o meio ambiente**, 3 ed. São Paulo: Bookman, 2007, 968 p.
- BARNEA, N.; DORI, Y. J. High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. **Journal of Science Education and Technology**, v. 8, n. 4, p. 257-271, 1999.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Student's visualization of a chemical reaction, **Education in Chemistry**, v. 17, p. 117-120, 1987.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química – A Ciência Central**, 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, 992 p.
- CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula - uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química Nova na Escola**, v. 28, p. 37-41, 2008.
- CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, p. 1-4, 2005.
- CHRISTIDOU, V.; KOULALIDIS, V.; CHRISTIDIS, T. Children's use of metaphors in relation in their mental models: the case of ozone layer and its depletion. **Research in Science Education**, v. 27, n. 4, p. 541-552, 1997.
- COLL, R. K.; TAYLOR, N. Mental models in chemistry: senior chemistry students' mental models of chemical bonding. **Chemistry Education: Research And Practice In Europe**, v. 3, n. 2, p. 175-184, 2002.
- COLL, R. K.; TREAGUST, D. F. Learners' mental models of chemical bonding. **Research in Science Education**, v. 31, p. 357-382, 2001.
- DORI, Y. J.; BARAK, M. Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. **Educational Technology & Society**, v. 4, n. 1, p. 61-74, 2001.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. **Experimentação, modelos e analogias no ensino da deposição metálica espontânea: uma aproximação entre Paulo Freire e aulas de Química**, 2008, Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, 2008, 180 p.
- FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, v. 28, p. 32-36, 2008.
- FERREIRA, P. F. M.; QUEIROZ, A. S.; MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. **Modelagem e representações no ensino de ligações iônicas: análise em uma estratégia de ensino**. In: Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências, 6., Florianópolis, 2007. Anais... Florianópolis, 2007. p. 1-12.
- GILLESPIE, R. G. Commentary: reforming the general chemistry textbook. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 5, p. 484-485, 1997.
- GIBIN, G. B. **Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009, 260 p.
- GIBIN, G. B. **Difficulties for comprehension of atomic models presented by the UNILA**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SCIENCE EDUCATION, 2nd., Foz do Iguaçu, 2014. Proceedings... Foz do Iguaçu, 2014. p. 1-13.
- GIBIN, G. B. Representação atômico-molecular da dissolução do NaCl. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-o5d2ITdMx0>>. Acesso em: 24 de agosto de 2015a.
- GIBIN, G. B. Representação do equilíbrio em uma solução saturada de NaCl. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WstlVDxW0JA>>. Acesso em: 24 de agosto de 2015b.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 31-53, 2002.

- JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 1983, 513 p.
- JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. **University Chemistry Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.
- JOHNSTONE, A. H. Chemical education research: where from here? **University Chemistry Education**, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.
- MARCUSSI, S.; SANTOS, G. M. S.; VIEIRA, K. C.; MACIEL, R. F.; MAGALHÃES, R.; SUART, R. C. **Questionários e Desenhos como instrumento de avaliação: trabalhando o tema soluções no ensino médio**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., Campinas, 2011. Anais... Campinas, 2011. p. 1-13.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. **Transição do modelo 'NaCl molécula' para o 'NaCl em rede': análise crítica de um processo de ensino por modelagem**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. Anais... Florianópolis, 2007a. p. 1-13.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. **Modelagem no ensino de ligação iônica com ênfase em aspectos energéticos: evidências de aprendizagem**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. Anais... Florianópolis, 2007b. p. 1-12.
- MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMERO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 36-56, 2002.
- MOZZER, N. B.; QUEIROZ, A. S.; JUSTI, R. S. **Proposta de ensino para introdução ao tema interações intermoleculares via modelagem**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6. Florianópolis, 2007. Anais... Florianópolis, 2007. p. 1-12.
- NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **Mental models**. Lawrence Erlbaum Associates, 1983, 352 p.
- OLIVEIRA, R. C. **Uso de modelos moleculares por alunos do Ensino Médio: contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, 2013, 220 p.
- PALLANT, A.; TINKER, R. F. Reasoning with atomic-scale molecular dynamic models. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 1, p. 51-66, 2004.
- SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 1-25, 2005.
- SHE, H. C. Facilitating changes in ninth grade students' understanding of dissolution and diffusion through DSLM instruction. **Research in Science Education**, v. 34, p. 503-525, 2004.
- SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. A formação em química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 237-243, 2009.
- TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G. D.; MAMIALA, T. L. Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. **Research in Science Education**, v. 34, n. 1, p. 1-20, 2004.
- VELÁZQUEZ-MARCANO, A.; et al. The use of video demonstrations and particulate animation in general chemistry. **Journal of Science Education Technology**, v. 13, n. 3, p. 315-323, 2004.
- WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.
- WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. **Using technology to support the development of conceptual understanding of chemical representations**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE LEARNING SCIENCE, 4th, 2000, Ann Arbor. Proceedings... Ann Arbor, 2000. p. 121-128.