

MODELOS MENTAIS DE GRADUANDOS EM QUÍMICA: MODELOS EXPRESSOS EM ANIMAÇÕES SOBRE DISSOLUÇÃO IÔNICA

Christian José Amaral de FREITAS¹
Gustavo Bizarria GIBIN²

RESUMO: Neste trabalho foram investigados os modelos mentais de estudantes da Graduação de Licenciatura em Química da FCT-UNESP sobre o conceito de dissolução de substância iônica. O referencial teórico utilizado foi a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird. A coleta dos dados foi realizada por meio de animações em grupos para representar o fenômeno submicroscópico produzidas pelos estudantes. Foi analisada a dissolução do NaCl em água, em específico a orientação espacial das espécies químicas. Apenas um grupo apresentou um modelo inadequado. A metodologia se mostrou interessante para a investigação de modelos mentais de processos químicos dinâmicos.

Palavras-chave: Modelos Mentais. Animações. Ensino de Química. Dissolução de substâncias iônicas. Stop Motion.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de representação é essencial para a psicologia cognitiva e para a investigação em ensino de Ciências. Uma notação consiste em qualquer signo ou conjunto de símbolos que representa algum aspecto do mundo exterior ou de nosso interior, ou seja, de nossa imaginação (MOREIRA, 2002). As representações internas ou mentais são maneiras de reconstruir o mundo externo em nossas mentes (MOREIRA, 2002).

As representações externas são formas de demonstrar externamente as nossas concepções. A palavra árvore ou o desenho de uma árvore são formas de representação externa nas quais o objeto em si está ausente. Na Química, foi elaborada uma linguagem para representar todos os fenômenos e também as substâncias.

Johnson-Laird (1983, p. 165) desenvolveu uma teoria que propõe a existência de três tipos de representações internas: proposições, imagens e modelos mentais. De acordo com o autor: *“proposições são cadeias de símbolos que*

¹ Discente do 2º ano do curso de Licenciatura em Química da FCT - UNESP de Presidente Prudente. christianamfreitas@hotmail.com. Bolsista do Programa de Iniciação Científica.

² Docente do curso de Licenciatura em Química da FCT – UNESP de Presidente Prudente. Doutor em Ciências pela UFSCar. gustavogibin@fct.unesp.br. Orientador do trabalho.

correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são visualizações de modelos sob um determinado ponto de vista”.

As imagens são uma forma de visualização dos modelos mentais, pois assumem um papel central para a investigação dos modelos mentais dos estudantes, principalmente no ensino de Ciências.

Representações proposicionais são interpretadas com respeito aos modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 156), ou seja, as representações proposicionais podem ser consideradas como auxílio na construção dos modelos mentais.

Modelos mentais possuem a função de reconstrução interna dos objetos, eventos, ideias, conceitos, sistemas e estado das coisas. Os modelos mentais, assim como as imagens, são altamente específicos e essa é a característica que diferencia das representações proposicionais.

É interessante notar que não existe um único modelo mental que representa um conceito, fenômeno ou sistema, podem existir vários e, além disso, podem existir muitos modelos que o representem de modo ótimo (JOHNSON-LAIRD, 1983). Como por exemplo, uma sala de aula do Ensino Médio, onde é possível perceber vários modelos mentais diferentes e muitas vezes inadequados sobre a dissolução de um sal em água, e que cada estudante pode ter criado um modelo mental de acordo com o que entendeu, ou até mesmo na forma inadequada de interpretação da fala do professor ou de alguma imagem vista nos livros didáticos.

Johnson-Laird (1983) afirma que o modelo mental é importante para a representação e compreensão de sequências de eventos.

De acordo com Norman (1983), os modelos mentais apresentam as seguintes características gerais:

- São incompletos;
- Em geral, a habilidade das pessoas em “rodar” seus modelos mentais é limitada;
- São instáveis: as pessoas esquecem detalhes do modelo, particularmente quando os mesmos não são utilizados durante certo período de tempo;
- Não têm fronteiras bem definidas: operações e conceitos similares são confundidos;

- São “não científicos”: as pessoas mantêm padrões de comportamento “supersticiosos”, mesmo quando sabem que não são necessários;
- São parcimoniosos: geralmente os modelos mentais são muito simplificados

Sendo assim, não se deve esperar que os alunos apresentem modelos mentais bem precisos ou elegantes, mas sim, confusos, incompletos e com problemas. Precisa-se lembrar de que os estudantes estão na fase de formulação dos modelos mentais, por isso, não se pode exigir que os estudantes tenham um modelo mental preciso sobre algum conceito ensinado recentemente.

Entretanto, os modelos mentais estão em constante evolução. As pessoas constroem modelos mentais de um sistema ou conceito quando interagem com o sistema ou conceito em estudo.

Existem duas grandes categorias de modelos mentais: os modelos mentais físicos e os conceituais (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 422). Existe uma grande diferença entre essas duas categorias, os modelos mentais físicos representam o mundo físico e os modelos mentais conceituais representam conceitos mais abstratos.

Dentre os modelos mentais físicos, existem seis grandes tipos:

- **Modelo Relacional:** É considerado o modelo mais simples. Pode ser definido como um “quadro” estático que consiste de um conjunto de elementos que representa um conjunto de entidades físicas, um conjunto de propriedades dos elementos representando as propriedades físicas das entidades, e um conjunto de relações entre os elementos representando relações físicas entre as entidades.
- **Modelo Espacial:** Consiste em um modelo relacional no qual a única relação entre os elementos é de natureza espacial.
- **Modelo Temporal:** É definido como uma sequência de “quadros” espaciais, em uma dimensão constante, que ocorre em uma ordem temporal semelhante a ordem temporal dos eventos. O modelo temporal apresenta uma ordem temporal do evento, porém não é necessariamente linear, e a temporalidade também não é contínua.
- **Modelo Cinemático:** É definido em um modelo temporal que é psicologicamente contínuo. O modelo cinemático representa movimentos e

mudanças dos elementos sem descontinuidade temporal, pode ser comparado com um filme que é exibido nas mentes das pessoas, no qual o modelo é temporalmente contínuo.

- **Modelo Dinâmico:** é um modelo cinemático em que existem relações entre certos quadros, que representam relações causais entre os eventos representados.
- **Imagem:** consiste de uma representação centrada no observador de características visíveis de um modelo espacial tridimensional ou de um modelo cinemático/dinâmico. A visualização de um modelo pode ser representada por uma imagem.

O mundo físico pode ser modelado por estudantes no processo de aprendizagem sobre um conceito químico ou fenômeno através destes diferentes tipos de modelos físicos.

Modelos mentais sobre conceitos químicos

O processo de compreensão da Química envolve três diferentes níveis representacionais: macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHNSTONE, 1993, 2000). No nível de representação macroscópico os fenômenos ou conceitos em análise são visíveis, geralmente este nível de representação é de fácil compreensão. Já no nível submicroscópico a Química é explicada por meio do arranjo e movimento de moléculas, átomos, íons, elétrons e outras espécies subatômicas, ou seja, este nível não é visível para olhos humanos. Já a Química em nível simbólico trata das representações de átomos, moléculas, por meio de símbolos químicos, as equações, fórmulas e estruturas (WU, *et al.*, 2001).

Os estudantes possuem diferentes dificuldades de compreensão nos níveis de representação, porém os níveis de representação submicroscópico e simbólico são aonde os estudantes possuem uma maior dificuldade, pelo motivo destes níveis serem abstratos ou invisíveis, e os pensamentos dos alunos são construídos com base nas informações sensoriais (BEN-ZVI *et al.*, 1987).

Os estudantes não conseguem estabelecer relações apropriadas entre o nível macro e o submicroscópico (GILLESPIE, 1997, p. 484), sendo que os modelos mentais são construídos a partir da relação entre o nível macroscópico e o nível submicroscópico, é importante estudar as dificuldades apresentadas pelos

estudantes nas formas de representação, e entender como são construídos os modelos sobre os determinados conceitos químicos.

O nível de representação simbólico contribui muito pouco na construção de um modelo sobre um conceito químico, pois nível simbólico trata-se basicamente à linguagem química, porém é possível que o nível simbólico forneça algumas informações quantitativas sobre as equações químicas para que sejam incluídas no modelo mental.

Assim, ao tentar desenvolver nos estudantes os modelos mentais sobre conceitos químicos, é importante iniciar as atividades didáticas por meio da observação de algo concreto, no nível macroscópico, como o desenvolvimento de um experimento, por exemplo. Em seguida, é importante empregar imagens, vídeos ou modelos moleculares para estimular os alunos a raciocinarem em nível de representação submicroscópico e elaborar um modelo mental mais adequado do sistema (GIBIN, 2009).

Na figura 1, podem-se analisar as relações entre os diferentes níveis de representação no processo de compressão da química, e também a construção de um modelo mental sobre um conceito ou fenômeno químico. Lembrando que é importante usar o nível simbólico no ensino de química, porém não deve ser o único nível de representação a ser trabalhado, como acontece atualmente nas escolas.

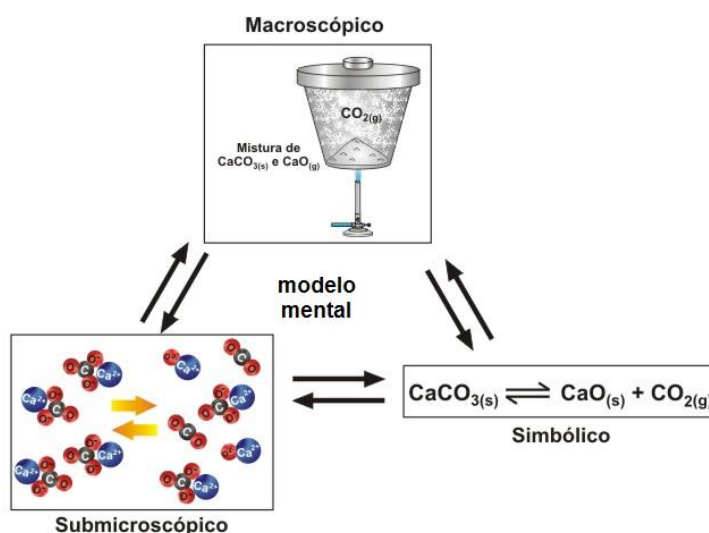


Figura 1: Níveis de representações do conhecimento químico e suas relações

2 OBJETIVOS

Analisar os modelos mentais representados em nível submicroscópico de estudantes da Graduação de Licenciatura em Química da UNESP de Presidente Prudente sobre a dissolução de sal em água por meio da produção de uma animação produzida pelos mesmos por meio da técnica de Stop-Motion.

3 METODOLOGIA

Foi realizado um minicurso, com duração de 4 horas, para alunos da Graduação em Licenciatura em Química da FCT – UNESP, na cidade de Presidente Prudente. O tema abordado foi a produção de animações com a técnica de stop-motion. Os estudantes utilizaram essa técnica para produzir animações sobre a dissolução de um sal (Cloreto de Sódio – NaCl) em água.

Cabe lembrar que todos os alunos já estudaram esse determinado tema em sala de aula antes da realização do minicurso, pois o objetivo principal foi analisar os modelos mentais dos alunos após o assunto já ter sido abordado em disciplinas da graduação.

O minicurso foi realizado no laboratório do Departamento de Química da FCT – UNESP. Durante o minicurso foram utilizados diversos materiais didáticos como imagens e animações. Foi solicitado aos alunos que expressassem seus modelos mentais sobre o tema abordado.

De acordo com Moreira (1996), para realizar um estudo sobre os modelos mentais dos alunos, é preciso agir de forma indireta, ou seja, investigar os modelos mentais por meio do que é expresso pelos alunos, seja verbalmente, simbolicamente ou pictoricamente. Entretanto, é possível surgir dificuldades metodológicas ao se utilizar testes com lápis e papel para levantar os modelos mentais, sendo assim, o uso de animações pode minimizar este problema. Portanto, a produção de animações pelos próprios alunos é interessante, pelo motivo de ser a mais similar possível em relação ao modelo mental cinematográfico ou dinâmico, que se passa na mente do aluno, pois assim é mais fácil fazer uma análise sobre os conceitos químicos em nível submicroscópico.

Como todos os alunos já tinham aprendido em aula sobre o tema proposto, foi priorizado primeiramente o ensino da técnica do Stop Motion, no qual foram mostradas várias animações como exemplos de Stop Motion.

A técnica de stop-motion segundo Werneck (2005) é definida como “o movimento criado a partir de imagens paradas”. O autor ainda completa a definição de stop-motion: “A animação de stop-motion é conseguida quando se fotografam objetos quadro-a-quadro que, exibidos na velocidade normal de projeção, criam a ilusão de movimento. Isso pode ser feito com bonecos, objetos, brinquedos, pessoas, etc..”. (WERNECK, 2005, p.66).

A técnica de animação de objetos inanimados e sem articulações é indicada para crianças que ainda não tiveram contato com as técnicas de animações em virtude da facilidade de domínio dessa técnica (WERNECK, 2005).

Primeiramente, todos os alunos foram separados em grupos de três a cinco pessoas, após toda a explicação sobre a metodologia de produção de animações por meio da técnica do Stop Motion, foi proposto para os grupos o tema escolhido para a análise, dissolução de um sal (Cloreto de Sódio) em água. Logo em seguida, os grupos produziram animações utilizando a técnica do Stop Motion para a representação do nível submicroscópico.

Cada grupo recebeu figuras impressas que representam as espécies químicas envolvidas, neste caso, a molécula de água, a estrutura cristalina do NaCl e os íons cloreto e sódio, conforme mostrado na figura 2.

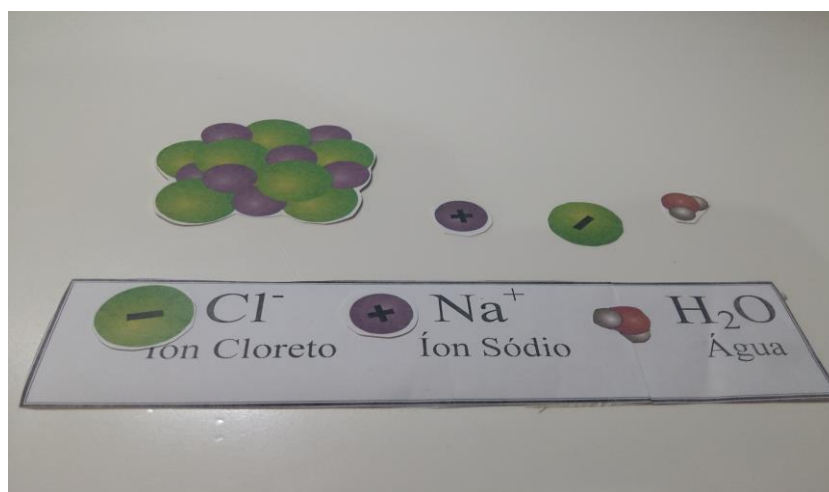


Figura 2: Figuras impressas que representam espécies químicas.

Depois da produção de todas as animações, o pesquisador exibiu as animações desenvolvidas para todos do minicurso, inclusive a animação feita pelo pesquisador.

3.1 PRODUÇÕES DAS ANIMAÇÕES

Todas as animações, inclusive a do pesquisador, foram produzidas por meio da técnica do Stop Motion. A técnica de o Stop Motion consiste em colocar em uma sequência uma série de fotografias de objetos, ou pessoas, e dar sensação de movimento.

A metodologia das animações foi a seguinte: Primeiramente, os alunos precisavam criar um planejamento, para saber como a animação ficaria na tela, determinando as posições iniciais e finais, além da trajetória que cada espécie química iria percorrer. Logo após, os alunos precisavam colocar cada espécie química em sua posição inicial, pré-determinada pelo planejamento, em uma placa de PVC completamente branca (50x50 cm), de acordo com a figura 3. Os estudantes utilizaram as câmeras de seus smartphones para obter as fotografias correspondentes a cada posição, com auxílio de um tripé para que a câmera permanecesse fixa. Finalmente, fizeram pequenos movimentos das figuras de acordo com o roteiro da trajetória e tiravam as fotografias. Depois de finalizada a etapa da produção das fotografias, o pesquisador utilizou o software Adobe Flash Professional CS5 para dispor as fotografias em sequências e gerar assim o vídeo.

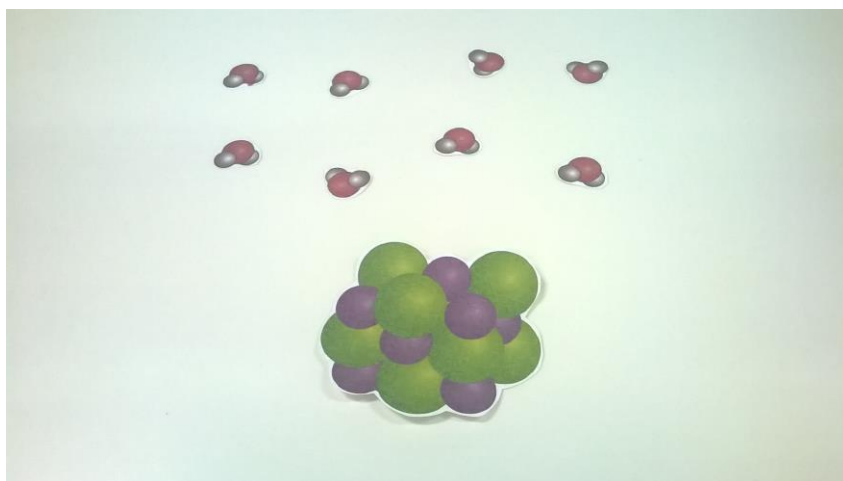


Figura 3: Placa de PVC com as figuras fixadas em suas posições iniciais.

Animação sobre o mesmo fenômeno foi produzida pelo pesquisador de modo semelhante. Foram produzidas diversas imagens do sistema com representações em nível submicroscópico por meio do software Corel Draw X3.

A animação foi elaborada com o objetivo de discutir as etapas mais importantes do modelo de dissolução do cloreto de sódio em água, como orientação espacial das espécies em função das cargas e polaridade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As animações produzidas com representações de sistemas químicos em nível submicroscópico pelos estudantes permitem que se analisem seus modelos mentais. Todas as animações foram feitas sem a intervenção do pesquisador. Na tabela 1 é possível analisar os modelos mentais expressos por cada grupo.

Como todos os estudantes já haviam estudado sobre as interações intermoleculares e os conceitos de polaridade de moléculas, o elemento que foi considerado para a análise foi a orientação espacial entre as espécies envolvidas.

Tabela 1: Dados sobre as orientações espaciais expressos nas animações pelos grupos

Grupo	Orientação Espacial
1	Com orientação inadequada
2 a 6	Com orientação adequada

Nota-se na tabela 1 que todos os grupos apresentaram modelos mentais dinâmicos semelhantes sobre a dissolução do NaCl. Todos os grupos se preocuparam com a orientação das moléculas em relação aos íons, porém o grupo 1 possuiu uma proposta de orientação inadequada.

Na figura 3 é representada a sequência reduzida de fotografias produzidas pelos alunos do grupo 1 para a produção das animações. Percebe-se que inicialmente as moléculas de água cercam o cristal de sal, após isso ocorre à separação dos íons, seguida da interação dos mesmos com as moléculas de água. Foi observada a orientação espacial entre as moléculas e os íons, porém o grupo fez a interação dos íons com a água de forma inadequada, conforme destacado e mostrado na figura 4 (e).

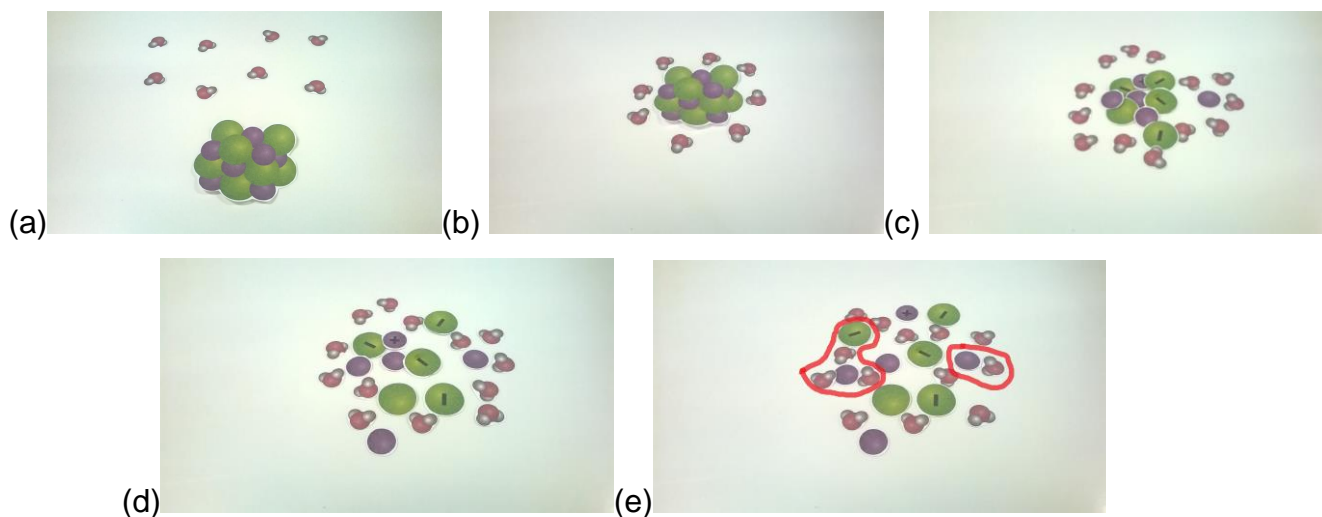


Figura 4: Sequência de imagens representando a dissolução de NaCl (Grupo 1).

O grupo 3 expressou em sua animação um modelo mental elaborado, pois consideraram a polaridade da água e as cargas dos íons. Os alunos representaram os modelos em nível submicroscópico para representar o fenômeno, o que é importante para a compreensão do conceito químico, como defende Johnstone (1993).

Pode-se perceber na figura 5 que as moléculas de água se aproximam do cristal, em seguida os íons interagem com as moléculas de água e o cristal desta forma de desfaz. É possível observar que existe uma orientação espacial entre as espécies químicas, no qual há uma atração entre os oxigênios das moléculas de água e os íons de sódio, como também a atração entre os hidrogênios das moléculas de água e os íons de cloreto, conforme mostrado na figura 5 (e).

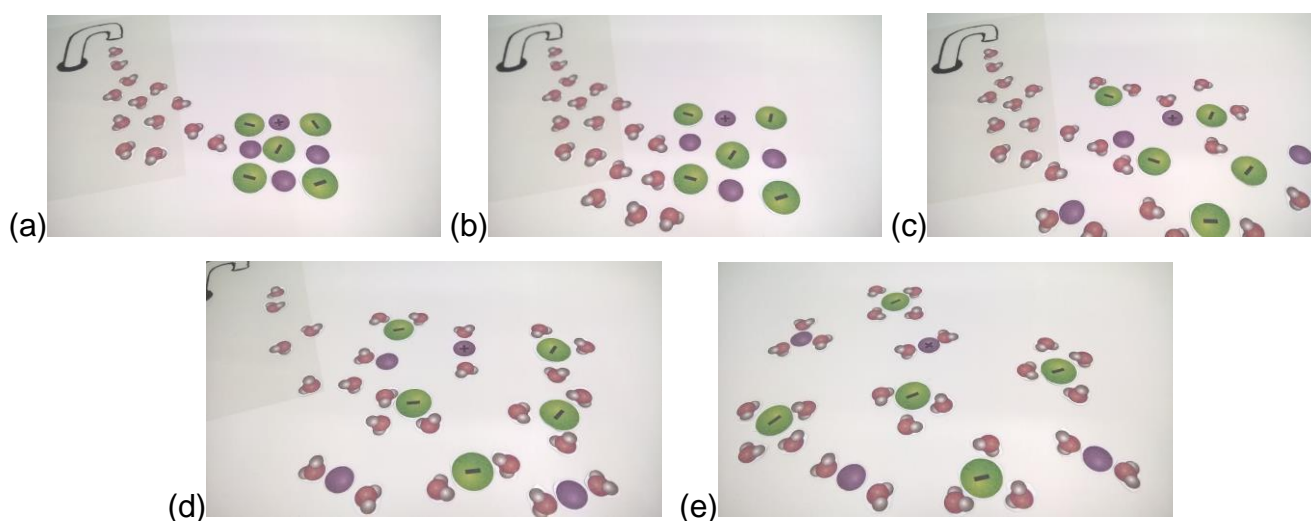


Figura 5: Sequência de imagens representando a dissolução de NaCl (Grupo 3)

Já o grupo 4 apresentou um modelo um pouco confuso, durante a animação as representações das espécies químicas ficaram todas muito aglomeradas, conforme mostrado na figura 6 (c), porém ao final da animação foi possível observar que existe uma orientação espacial entre as espécies químicas, ou seja, o modelo mental proposto pelo grupo, apesar de confuso, pode ser considerado adequado de acordo com a orientação espacial, conforme indicado na figura 6 (e).

O grupo 4 apresentou a atração entre os oxigênios da moléculas de água e os íons sódio, e também os hidrogênios da molécula de água e os íons de cloreto, de modo semelhante ao grupo 3.

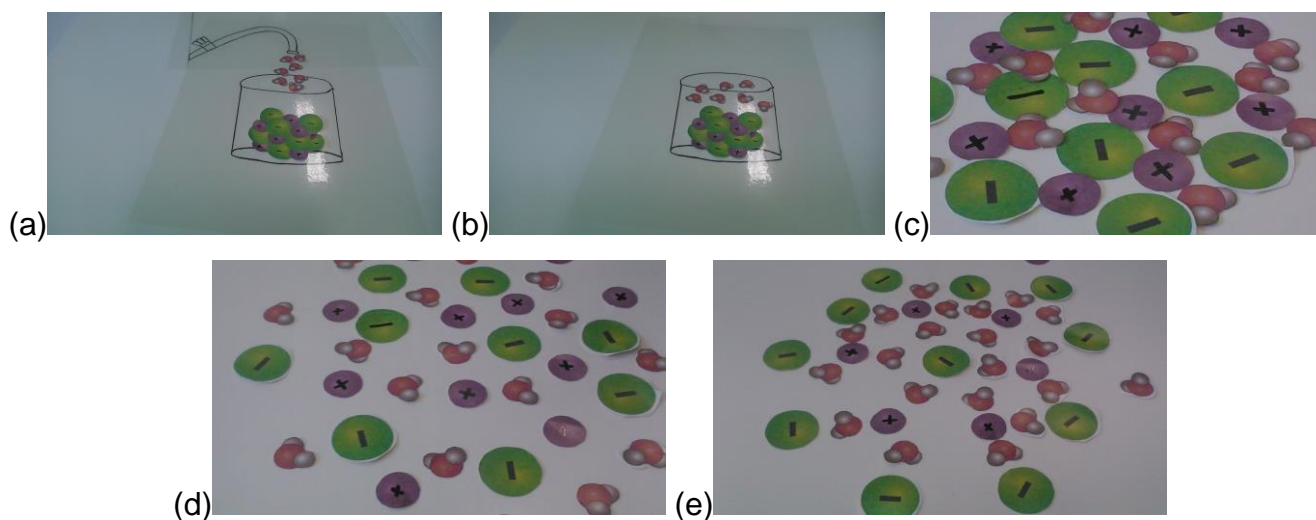


Figura 6: Sequencia de imagens representando a dissolução (grupo 4)

Os grupos 2,5 e 6 apresentaram modelos muito semelhantes, e foi possível observar a orientação espacial entre as espécies químicas, de modo que a orientação espacial foi considerada adequada.

Quase todos os grupos se preocuparam com a orientação espacial das espécies químicas durante a produção do vídeo, uma vez que o material produzido pode ser utilizado como recurso didático pelos futuros professores. Somente o grupo 2 apresentou um conceito de orientação espacial de modo inadequado.

5 CONCLUSÃO

Em relação aos modelos mentais dos estudantes sobre a dissolução do NaCl em água, de modo geral observaram-se modelos muito semelhantes. A maioria dos grupos considerou a orientação espacial, apesar de um grupo representar de maneira inadequada. É importante investigar os modelos mentais dos estudantes, pois sobre um determinado conceito pode existir diversos modelos mentais diferentes.

Como já o esperado, em todas as animações pode-se observar a existência da orientação espacial, pois, já se esperava que os estudantes que estão cursando a Licenciatura em Química já tivessem um modelo mental bem elaborado e soubessem expressar de forma adequada o conceito químico proposto.

A produção de animações como metodologia de investigação de modelos mentais dos alunos ainda é uma técnica muito recente, contudo, obteve bons resultados na investigação dos modelos mentais, ainda mais quando o conceito envolvido é em nível submicroscópico, pois permite que se analise como o aluno pensa sobre determinado conceito.

A vantagem dessa metodologia reside em ser relativamente barata, pois os recursos utilizados mais caros são uma máquina fotográfica digital ou um smartphone e um computador. Outra vantagem da técnica é o fácil domínio que os estudantes demonstraram, pois eles podem se concentrar em expressar o conceito.

A desvantagem apresentada por essa técnica é a velocidade da produção, pois cada grupo produziu as fotografias que compõem uma animação em cerca de quatro horas no total. Uma possibilidade de aplicação seria na forma de trabalho extracurricular, pois os estudantes teriam um tempo maior para a produção das animações.

O professor poderia utilizar essa técnica juntamente com experimentos em nível macroscópico sobre o conceito abordado, pois assim o estudante poderia relacionar o nível macroscópico com o nível submicroscópico, e auxiliar no desenvolvimento de modelos mentais mais adequados sobre os conceitos químicos.

A investigação sobre os modelos mentais dos alunos pode ser uma estratégia utilizada pelo professor em disciplinas de graduação, para compreender melhor os modelos que os estudantes desenvolvem durante o curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEN-ZVI, R.; Eylon, B. e Silberstein, J. Student's visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, v.17, p.117-120, 1987.

GIBIN, G. B. *Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações*. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

GILLESPIE, R. G. Commentary: reforming the general chemistry textbook. *Journal of Chemical Education*, v.74, n.5, p.484-485, 1997.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models: towards a cognitive Science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

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.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. e PALMERO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências*, v.2, n.3, p.36-56, 2002.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D. & STEVENS, A. L. (Eds.). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1983. p. 6-14.

JOHNSTONE, A. H. *The development of chemistry teaching*. **University Chemistry Education**, v. 70, n. 9 p. 701-705, 1993.

WERNECK, D. L. *Estratégias digitais para o cinema independente*. Dissertação (Mestrado em Artes) – Escolas Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

WU, H. K.; Krajcik, J. S. e 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.